

Kapitel 7

Wie lesen wir Datenblätter und Standards?

Ausgabestand 1.1

- Nur zur Information -

7. Wie lesen wir Datenblätter und Standards?

7.1. Grundlagen

Datenblätter

Datenblätter sind *die* Informationsquellen des Technikers, die ihm genaue Auskunft über bestimmte Bauelemente geben. Sie sind typischerweise die umfassendsten Informationsmittel, die der Schaltkreishersteller sozusagen freiwillig aus der Hand gibt - und das zumeist (1) kostenlos und (2) sofort (= frisch aus dem Internet). Wir sollten deshalb bestrebt sein, uns nach und nach eine gewisse Routine im Umgang mit Datenblättern zu erarbeiten (die folgenden Erläuterungen können nur den Einstieg unterstützen, den Rest muß die Praxis bringen).

Standards

Standards (Normen) gibt es in vielen Gebieten. Hier interessieren uns vor allem Standards, die *Schnittstellen* beschreiben, im besonderen Interfaces und Bussysteme. Die Originaltexte sind gelegentlich schwieriger zu beschaffen als Datenmaterial zu Bauelementen. Auch der Umfang solcher Schriften wirkt abschreckend (Abbildung 7.1). Die Standards sind aber gut geeignet, sich in die Funktionsweise eines Interfaces, eines Bussystems usw. umfassend einzuarbeiten. Man muß aber solche Texte zu lesen verstehen.

Zur Beschaffung

Manche Standards kann man ohne weiteres aus dem Internet herunterladen (u. a. IDE/ATA, SCSI, AGP, LPC, USB, InfiniBand, OSTA, ECMA). Andere hingegen kosten richtig Geld. Die Preislage: von durchaus annehmbar (Beispiel: PCI SIG) bis - sprechen wir es gelassen aus - geradezu unverschämt (Beispiel: VESA).

Eine Erfahrungstatsache

Originaltexte von Standards sind eine gute Informationsquelle zum Einsteigen (vorausgesetzt, man hat gewisse Grundkenntnisse und kommt mit dem Fach-Englisch zurecht). Nicht alle Standards enthalten aber genug Information zum wirklichen Arbeiten (um beispielsweise ein Programm zu schreiben oder eine Hardware zu entwickeln, die diesem Standard entspricht). Geht der Ehrgeiz in diese Richtung, so ist es oft unvermeidlich, dem jeweiligen Standardisierungsgremium als Mitglied beizutreten. Die Mitgliedsbeiträge liegen meist in einer Größenordnung, die auch aus Sicht kleinerer Unternehmen noch annehmbar ist. Man bekommt zusätzliches Informationsmaterial, die wirklich aktuellen Änderungen und persönliche Kontakte. (Die gelegentlich angesetzten Treffen (Meetings, Sessions o. dergl.) werden von manchen als das Beste angesehen - die Veranstalter suchen zumeist recht attraktive Orte aus. Hinkommen müssen Sie (als Mitglied) allerdings auf eigene Kosten ...).

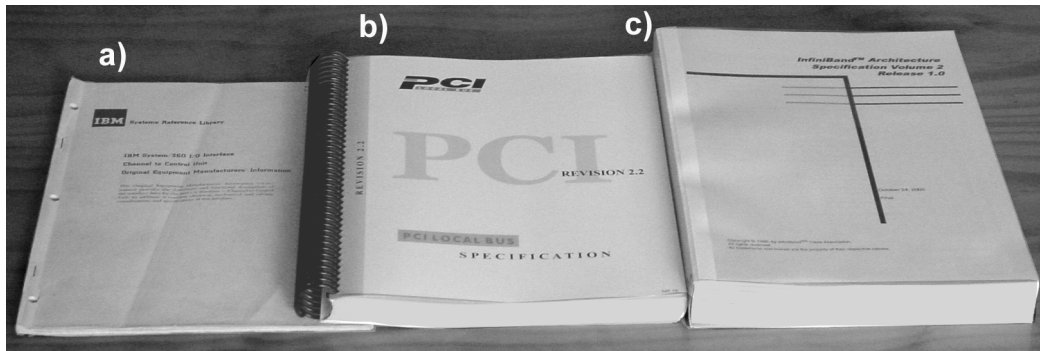


Abbildung 7.1 Standards im Vergleich - sie werden immer dicker ...

Erklärung:

Wir wollen hier auf den Umfang hinaus - der mehr und mehr ins Gigantische wächst.

- a) ein geradezu legendärer Standard, der das E-A-Interface des Systems /360 aus Sicht der Hardware beschreibt. Der Umfang: ca. 40 Seiten Text und Abbildungen + 3 Falttafeln mit Impulsdigrammen. Und damit konnte man wirklich arbeiten (z. B. eine Gerüststeuer-einheit entwerfen) ...
- b) der Original-Standard zum PCI-Bus. Die gezeigte Ausgabe 2.2 hat ca. 300 Seiten.
- c) ein moderner Nachfolger des klassischen E-A-Interfaces: InfiniBand. Die Ausgabe 1.0 der Spezifikation besteht aus zwei Bänden. Band 1: Architektur (Datenpakete, Software-Schnittstellen, Systemverwaltung usw.). Über 800 Seiten. Band 2: Hardware (Signalisierung, Signalübertragung, Mechanik, Stromsparverwaltung usw.). Über 600 Seiten (dieser - in der Abbildung gezeigte - Band ist das Gegenstück zu Abbildung 7.1a...).

Andere Informationsmittel

Es liegt nahe, im Internet solange herumzusehen, bis das Gewünschte gefunden ist. Das kann aber dauern - und ist auch nicht jedermanns Sache. Zudem steht - einem Vorurteil zum Trotz - wirklich nicht *alles* Wissenswerte im Netz. Die herkömmlichen Alternativen - Datensammlungen, Fachliteratur usw. - haben deshalb auch heute noch ihre Berechtigung. Näheres in der Ausrüstungsübersicht.

Gemeinsamkeiten zwischen Datenblatt und Standard

Der Zusammenhang ist ganz einfach: das Datenblatt ist der Standard eines bestimmten Bauelementes. Die Beschreibungsmittel und auch Besonderheiten in Wortwahl und Ausdrucksweise sind deshalb weitgehend ähnlich.

Was besagen technische Daten?

Technische Daten sind Leistungsversprechen und implizieren Gewährleistungsansprüche. Genaugenommen müssen Sie an Datenblätter und Standards ähnlich herangehen wie an Versicherungsverträge. Es kommt auf das Kleingedruckte an, manchmal auch auf das Weggelassene. (Grundsätzlich: der Hersteller will den Anwender nicht über den Tisch ziehen. Er will sich lediglich gegen bestimmte Ansprüche - deren Zusage sehr kostspielig wäre - von vornherein absichern.) Wir wollen dies an einem einfachen Beispiel zeigen:

- a) zu einem Schaltkreis ist eine Verzögerungszeit von maximal 7 ns angegeben. Eine Minimum-Angabe fehlt. Was besagt dies? - Unter den angegebenen Bedingungen (Speisespannung, Belastung usw.) wird sich eine Signaländerung am Eingang spätestens in 7 ns am Ausgang auswirken. Es kann aber auch schneller gehen. Oft ist hierfür ein *typischer* Wert angegeben. Dieser wird aber nicht geprüft! Somit kann sich der Schaltungsentwickler nicht darauf verlassen. Er muß sogar annehmen, daß es Schaltkreis-Exemplare gibt, die "unendlich schnell" sind (also eine Verzögerungszeit von 0 ns haben), und auch dafür Vorsorge treffen. Natürlich gibt es - aus physikalischen Gründen - keine unendlich schnellen Schaltvorgänge. Wenn der Hersteller keine Mindestverzögerungszeit ausweist, erspart er sich aber, diese zu prüfen.
- b) Ein anderer Hersteller gibt zusätzlich eine Mindest-Verzögerungszeit an, beispielsweise von 2 ns. Das heißt, der Schaltungsentwickler kann sich darauf verlassen, daß die Ausgangsänderung nicht eher als 2 ns nach der Eingangsänderung wirksam wird. Für diese Zusicherung muß der Hersteller aber geradestehen. Zwei Verfahrensweisen sind typisch:
 - er prüft die Mindestverzögerung (und sondert zu schnelle Schaltkreise aus),
 - er richtet es so ein (Schaltkreisentwurf, Steuerung der Fertigungsprozesse), daß es schnellere Schaltkreise grundsätzlich gar nicht geben kann. Solche Angaben werden z. B. durch den Hinweis *Guaranteed by Design, Guaranteed by Device Characterization* o. ä. gekennzeichnet.

Wir merken uns:

Es ist zu unterscheiden zwischen (1) Grenz- und Betriebsbedingungen (Ratings, Operating Conditions) und (2) Kennwerten bzw. Leistungsdaten (Characteristics):

1. Grenz- und Betriebsbedingungen sind eine Art Dienstanweisung für den Anwender; er ist verpflichtet, die spezifizierten Werte einzuhalten,
2. Kennwerte sind hingegen ein Versprechen des Herstellers; die Leistungen (Pegel, Anstiegszeiten, Schaltzeiten usw.) müssen "gebracht" werden, sofern die geforderten Betriebsbedingungen eingehalten werden. Wenn nicht, darf sich der Anwender beschweren.

7.2. Ein typisches Datenblatt

Im folgenden erklären wir das Datenblatt eines vergleichsweise einfachen Schaltkreises (eines Zweifach-D-Flipflops 74AC11074). Diese Darstellung wird gelegentlich durch Ausschnitte aus einem weiteren Datenblatt ergänzt. Der Grund: wir wollen sowohl Kennwerte sequentieller Schaltungen als auch solche von Schaltungen mit Tri-State-Ausgängen betrachten. Als Beispiel eines solchen Schaltkreises dient der Bustreiber 74AC11244. Dabei folgen wir einschlägigem Informationsmaterial der Fa. Texas Instruments (Abbildungen 7.2 bis 7.12). Jedoch legen alle Schaltkreishersteller ihren Datenblättern eine ähnliche Gliederung und auch im einzelnen ähnliche Begriffsbildungen zugrunde.

Der grundsätzliche Aufbau eines Datenblatts

Datenblätter sind üblicherweise wie folgt gegliedert (wobei die einzelnen Hersteller gelegentlich in der Reihenfolge abweichen):

- allgemeine Angaben (Überblick),
- Funktionsbeschreibung,
- absolute Grenzwerte,
- empfohlene Betriebsbedingungen,
- elektrische Betriebswerte,
- zeitliche Anforderungen,
- Schaltzeiten,
- ergänzende Angaben, z. B. zur Prüfung der Kennwerte und Funktionen.

7.2.1. Allgemeine Angaben (General Information)

Abbildung 7.2 zeigt die erste Seite des Datenblatts. Sie soll einen Überblick über das Bauelement vermitteln.

Die erste Seite enthält folgende Angaben (in der Abbildung durch geschweifte Klammern gekennzeichnet):

1. die Typenbezeichnung (Baureihe, Typennummer und umgangssprachliche Bezeichnung),
2. eine Liste der Besonderheiten und Vorzüge des Bauelements,
3. eine Darstellung der Gehäuseformen und der Anschlußbelegungen (üblicherweise von oben gesehen),
4. eine Funktionsbeschreibung,
5. die Wahrheits- bzw. Funktionstabelle (falls sinnfälligerweise),
6. das Schaltsymbol (zumeist gemäß ANSI-IEEE 91-1984),
7. den Fertigungsstatus des Bauelements.

54AC11074, 74AC11074
DUAL D-TYPE POSITIVE-EDGE-TRIGGERED
FLIP-FLOPS WITH CLEAR AND PRESET
D2957, DECEMBER 1986 REVISED MARCH 1987

2

- New Flow-Through Architecture to Optimize PCB Layout
- Center-Pin V_{CC} and GND Configurations to Minimize High-Speed Switching Noise
- EPIC™ (Enhanced-Performance Implanted CMOS) 1-μm Process
- 500-mA Typical Latch-Up Immunity at 125°C
- Package Options Include Plastic "Small Outline" Packages, Ceramic Chip Carriers, and Standard Plastic and Ceramic 300-mil DIPs

3

54AC11074 ... J PACKAGE
 74AC11074 ... D OR N PACKAGE
 (TOP VIEW)

54AC11074 ... FK PACKAGE
 (TOP VIEW)

NC No internal connection

4

description

These devices contain two independent D-type positive-edge-triggered flip-flops. A low level at the Preset or Clear input sets or resets the outputs regardless of the levels of the other inputs. When Preset and Clear are inactive (high), data at the D input meeting the setup time requirements are transferred to the outputs on the low-to-high transition of the clock pulse. Clock triggering occurs at a voltage level and is not directly related to the rise time of the clock pulse. Following the hold time interval, data at the D input may be changed without affecting the levels at the outputs.

The 54AC11074 is characterized for operation over the full military temperature range of -55°C to 125°C. The 74AC11074 is characterized for operation from -40°C to 85°C.

5

FUNCTION TABLE

| INPUTS | | | | OUTPUTS | |
|--------|-----|-----|---|----------------|-----------------|
| PRE | CLR | CLK | D | Q | Q̄ |
| L | H | X | X | H | L |
| H | L | X | X | L | H |
| L | L | X | X | H [†] | H [†] |
| H | H | ↑ | H | H | L |
| H | H | ↑ | L | L | H |
| H | H | L | X | Q ₀ | Q̄ ₀ |

[†] This configuration is nonstable; that is, it will not persist when either Preset or Clear returns to its inactive (high level).

6

logic symbol[‡]

[‡] This symbol is in accordance with ANSI/IEEE Std 91-1984 and IEC Publication 617-12. Pin numbers shown are for D, J, and N packages.

EPIC is a trademark of Texas Instruments Incorporated.

7

PRODUCTION DATA documents contain information current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.



Copyright © 1986, Texas Instruments Incorporated

Abbildung 7.2 Die erste Seite des Datenblatts (Texas Instruments)

Funktionsbeschreibung

Bei einfachen Bauelementen, wie dem hier gezeigten Flipflop, reichen Kurzbeschreibung und Wahrheits- bzw. Funktionstabelle aus. Ist das Bauelement komplexer, wird die Beschreibung auf den folgenden Seiten fortgesetzt. Hierbei werden - je nach Zweckmäßigkeit - Text, Tabellen, Impulsiagramme, Zustandsgraphen und Schaltpläne verwendet. Bei einem Prozessor, einem

Graphikcontroller, einem Motherboard-Schaltkreis usw. kann die Funktionsbeschreibung einige hundert Seiten umfassen. Sie wird dann manchmal den anderen - tabellenmäßig darstellbaren - Datenblattangaben nachgeordnet. Ein anderer Ausweg: Das Datenblatt enthält nur einen knappen Überblick über die funktionellen Eigenschaften; Einzelheiten werden in besonderen Handbüchern (Reference Manuals) dokumentiert.

Achtung:

1. Versuchen Sie nie, sich Zeitverhältnisse durch Nachmessen (mit Lineal) aus *Impulsdiagrammen* zu erschließen. *Impulsdiagramme sind immer unmaßstäblich!* (Ausnahme: die Wiedergabe von Oszillogrammen oder von simulierten Signalverläufen. Sie erkennen dies an den dargestellten Koordinatenachsen bzw. am Meßraster.) Es gelten ausschließlich die tabellierten Zeitangaben.
2. Versuchen Sie nie, aus Schaltplänen, die eine *Innenschaltung* des Bauelements zeigen, Folgerungen hinsichtlich des zeitlichen Verhaltens oder der Belastbarkeit zu ziehen. Solche Schaltpläne sind lediglich Illustrationen, die das Funktionieren des Schaltkreises veranschaulichen sollen (um all jenen entgegenzukommen, die lieber "in Schaltungen" denken als in Tabellen, Zustandsgraphen oder Impulsdiagrammen).

Funktionstabellen

Bei einer kombinatorischen Schaltung wird die Funktionstabelle (Function Table) zur Wahrheitstabelle. Sequentielle Schaltungen erfordern zusätzliche Beschreibungsmittel. Tabelle 7.1 gibt eine Übersicht über die in Funktionstabellen verwendeten Symbole.



| Symbol | Bedeutung |
|---|---|
| H | High - Pegel (HI) |
| L | Low - Pegel (LO) |
| ↑ | Übergang von LO nach HI |
| ↓ | Übergang von HI nach LO |
| → | der Wert bzw. Pegel gelangt an das angegebene Ziel |
| ↶ | der Wert bzw. Pegel wird wieder zugeführt |
| X | unwesentlich (irrelevant; don't care) |
| Z | hochohmiger Zustand (HI-Z) |
| a...h | aktuelle Pegel der Eingänge A ... H |
| Q ₀ | Pegel von Q vor dem Wirksamwerden der angegebenen statischen Eingangsbelegungen |
| $\overline{Q_0}$ | wie Q ₀ , invertiert |
| Q _n | Pegel von Q vor dem aktuellen Zustandsübergang, der durch ↑ oder ↓ bezeichnet wird |
|  | ein HI - Impuls |
|  | ein LO - Impuls |
| TOGGLE | der Ausgänge wechseln bei jedem Zustandsübergang (↑, ↓) auf den jeweils anderen Pegel |

Tabelle 7.1 Symbole in Funktionstabellen
(Texas Instruments)

Fertigungsstatus

Diese Angaben geben darüber Auskunft, wie "neu" das Bauelement ist. Daraus können wir auf die Verlässlichkeit der Datenblattangaben schließen. Es haben sich bestimmte Ausdrucksweisen eingebürgert:

- **PRODUCTION DATA**, auch: **FULLY RELEASED TECHNICAL DATA** o. ä.: Das Bauelement befindet sich in der Fertigung. (Die Datenblätter mancher Hersteller enthalten gar keine entsprechende Kennzeichnung.)
- **PRELIMINARY**: Es handelt sich um vorläufige Angaben zu Bauelementen, deren Fertigung gerade begonnen hat.
- **ADVANCE INFORMATION**: Die Fertigung wird in nächster Zeit aufgenommen werden. Das Bauelement hat das Entwicklungslabor bereits verlassen (aber die Massenfertigung hat ihre eigenen Probleme, so daß noch - mit bisweilen recht massiven - Änderungen zu rechnen ist).
- **PRODUCT PREVIEW**: Es handelt sich um eine Neuentwicklung, die noch nicht verfügbar ist (und oft auch noch nicht völlig ausgereift). Hier ist noch mit größeren Änderungen zu rechnen (manche Bauelemente gelangen - etwa mangels Nachfrage - gar nicht in die Fertigung).

7.2.2. Absolute Grenzwerte (Absolute Maximum Ratings)

Die absoluten Grenzwerte sind in Tabellenform zusammengefaßt (Abbildung 7.3).

| absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted) † | |
|--|----------------------------|
| Supply voltage, V_{CC} | -0.5 V to 7 V |
| Input voltage, V_I (see Note 1) | -0.5 V to $V_{CC} + 0.5$ V |
| Output voltage, V_O (see Note 1) | -0.5 V to $V_{CC} + 0.5$ V |
| Input clamp current, I_{IK} ($V_I < 0$ or $V_I > V_{CC}$) | ± 20 mA |
| Output clamp current, I_{OK} ($V_O < 0$ or $V_O > V_{CC}$) | ± 50 mA |
| Continuous output current, I_O ($V_O = 0$ to V_{CC}) | ± 50 mA |
| Continuous current through V_{CC} or GND pins | ± 100 mA |
| Storage temperature range | -65 °C to 150 °C |

† Stresses beyond those listed under "absolute maximum ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated under "recommended operating conditions" is not implied. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.

NOTE 1: The input and output voltage ratings may be exceeded if the input and output current ratings are observed.

Abbildung 7.3 Tabelle der absoluten Grenzwerte (Texas Instruments)

"Absolute Grenzwerte" kennzeichnen Betriebsbedingungen, die das Bauelement gerade noch aushält. Es wird aber nicht garantiert, daß es unter diesen Bedingungen auch funktioniert! Ein Überschreiten dieser Werte kann das Bauelement zerstören. Wird das Bauelement längere Zeit im Rahmen der absoluten Grenzwerte betrieben, so kann dies die weitere Zuverlässigkeit beeinträchtigen.

Im folgenden werden die einzelnen Angaben näher erklärt.

Hinweise:

1. Spannungen werden stets auf das Massepotential (GND) bezogen.
2. Für Ströme gilt die technische Stromrichtung (von + nach -). Ein in einen Anschluß hineinfließender Strom hat positives, ein herausfließender negatives Vorzeichen.
3. Größenvergleiche, Minima, Maxima: Es gilt - außer bei Temperaturangaben - jeweils der *Betrag* des Wertes, auch bei negativem Vorzeichen. (Ein Minimum ist ein kleinerer Betrag, ein Maximum ein größerer. So ist -20 mA größer als -5 mA.) Bei Temperaturangaben gilt hingegen der arithmetische Vergleich unter Berücksichtigung des Vorzeichens (-40 Grad ist kälter als -20 Grad).

Supply Voltage (Speisespannung) V_{CC}

Dies ist die höchstzulässige Spannung, die am Speisespannungsanschluß anliegen darf. Bei diesem Spannungswert ist die Funktionsfähigkeit des Schaltkreises nicht garantiert.

Input Voltage (Eingangsspannung) V_I

Dies ist die höchstzulässige Spannung, die an einem Eingang anliegen darf. Der angegebene Wert darf überschritten werden, solange der höchstzulässige Klammerstrom I_{IK} nicht überschritten wird.

Output Voltage (Ausgangsspannung) V_O

Dies ist die höchstzulässige Spannung, die an einem Ausgang anliegen darf. Der angegebene Wert darf überschritten werden, solange der höchstzulässige Klammerstrom I_{OK} nicht überschritten wird.

Input Clamp Current (Eingangs-Klammerstrom) I_{IK} ,**Output Clamp Current (Ausgangs-Klammerstrom) I_{OK}**

Die Ein- und Ausgänge sind mit Klammerdioden (Schutzdioden, Clamping Diodes) beschaltet, um Spannungen, die das Massepotential unterschreiten (V_I oder $V_O < 0$) bzw. die Speisespannung überschreiten (V_I oder $V_O > V_{CC}$), auf ungefährliche Werte zu begrenzen (Abbildung 7.4). Liegt eine Spannung < 0 oder $> V_{CC}$ an einem Anschluß an, so fließt ein entsprechender Klammerstrom (hinein oder heraus, je nach Polarität der anliegenden Spannung). Dieser darf den jeweils angegebenen Grenzwert nicht überschreiten.

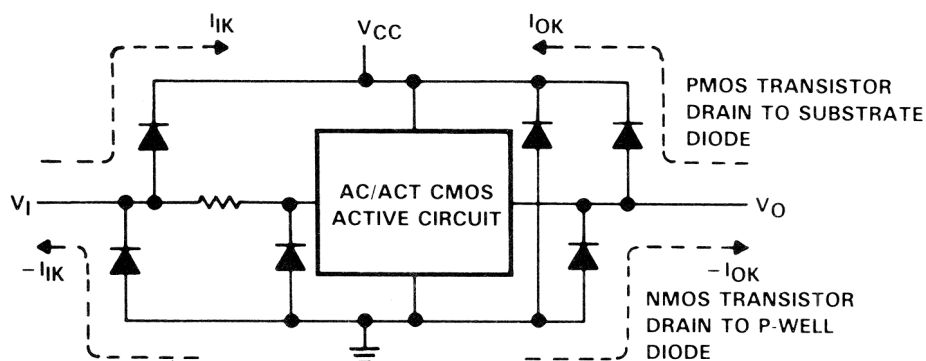


Abbildung 7.4 Klammerdioden an den Ein- und Ausgängen (Texas Instruments)

Continuous Output Current (kontinuierlicher Ausgangsstrom) I_O

Dies ist der höchstzulässige Strom, der durch einen Ausgangs-Anschluß fließen darf (hinein: positives, heraus: negatives Vorzeichen).

Continuous Current Through V_{CC} or GND Terminals (kontinuierlicher Strom durch die V_{CC} - oder GND-Anschlüsse)

Dies ist der höchstzulässige Strom, der durch die Masse- bzw. Speisespannungsanschlüsse fließen darf (hinein: positives, heraus: negatives Vorzeichen).

Storage Temperature Range (Bereich der Lagertemperatur)

In diesem Temperaturbereich kann das Bauelement gelagert werden, ohne daß Beeinträchtigungen der Funktionsfähigkeit und des Leistungsvermögens zu befürchten sind.

Hinweise:

1. "Lagern" bedeutet auch "Anwesenheit im ausgeschalteten Gerät".
2. Schneller Temperaturwechsel - auch im zulässigen Bereich - verringert die Zuverlässigkeit.

7.2.3. Empfohlene Betriebsbedingungen (Recommended Operation Conditions)

Die empfohlenen Betriebsbedingungen sind elektrische Kennwerte, bei deren Einhaltung der Hersteller das Funktionieren des Bauelements garantiert. Sie sind in Tabellenform zusammengefaßt (Abbildung 7.5).

recommended operating conditions

| | | 54AC11074 | | | 74AC11074 | | | UNIT |
|----------|------------------------------------|-------------------------|-----|----------|-----------|-----|----------|------|
| | | MIN | NOM | MAX | MIN | NOM | MAX | |
| V_{CC} | Supply voltage (see Note 2) | 3 | 5 | 5.5 | 3 | 5 | 5.5 | V |
| V_{IH} | High-level input voltage | $V_{CC} = 3\text{ V}$ | | | 2.1 | | | V |
| | | $V_{CC} = 4.5\text{ V}$ | | | 3.15 | | | |
| | | $V_{CC} = 5.5\text{ V}$ | | | 3.85 | | | |
| V_{IL} | Low-level input voltage | $V_{CC} = 3\text{ V}$ | | | 0.9 | | | V |
| | | $V_{CC} = 4.5\text{ V}$ | | | 1.35 | | | |
| | | $V_{CC} = 5.5\text{ V}$ | | | 1.65 | | | |
| I_{OH} | High-level output current | $V_{CC} = 3\text{ V}$ | | | -4 | | | mA |
| | | $V_{CC} = 4.5\text{ V}$ | | | -24 | | | |
| | | $V_{CC} = 5.5\text{ V}$ | | | -24 | | | |
| I_{OL} | Low-level output current | $V_{CC} = 3\text{ V}$ | | | 12 | | | mA |
| | | $V_{CC} = 4.5\text{ V}$ | | | 24 | | | |
| | | $V_{CC} = 5.5\text{ V}$ | | | 24 | | | |
| V_I | Input voltage | 0 | | V_{CC} | 0 | | V_{CC} | V |
| V_O | Output voltage | 0 | | V_{CC} | 0 | | V_{CC} | V |
| dt/dv | Input transition rise or fall rate | 0 | | 10 | 0 | | 10 | ns/V |
| T_A | Operating free-air temperature | 55 | | 125 | 40 | | 85 | °C |

NOTE 2: No electrical or switching characteristics are specified at $V_{CC} < 3\text{ V}$. Operation between 2 V and 3 V is not recommended, but within that range a device output will maintain a previously established logic state.

Abbildung 7.5 Tabelle der empfohlenen Betriebsbedingungen (Texas Instruments)

Erklärung zu Abbildung 7.5:

MIN - Minimalwerte (Mindestwerte); NOM - Nominalwerte (Nennwerte); MAX - Maximalwerte (Höchstwerte). Diese Kennzeichen werden gelegentlich den Indizes der Parameter nachgestellt. Beispiele:

- Mindestwert der Speisespannung: V_{CCmin} (im Beispiel: 3 V),
- Höchstwert der Low-Eingangsspannung: V_{ILmax} (im Beispiel: je nach Speisespannung 0,9 oder 1,35 oder 1,65 V).

Im folgenden werden die einzelnen Angaben näher erklärt.

Supply Voltage (Speisespannung) V_{CC}

Im angegebenen Bereich der Speisespannung ist die Funktionsfähigkeit des Schaltkreises gewährleistet.

High-Level Input Voltage (High-Eingangsspannung) V_{IH}

Diese Angabe kennzeichnet den höheren (positiveren) der beiden Logikpegel. Hierfür ist der jeweils kleinste (minimale) Spannungswert V_{IHmin} angegeben, der noch als "logisch High" erkannt wird. Der maximale Spannungswert V_{IHmax} entspricht der höchsten zulässigen Eingangsspannung V_{Imax} (typischerweise - so auch hier - ist $V_{Imax} = V_{CC}$).

Low-Level Input Voltage (Low-Eingangsspannung) V_{IL}

Diese Angabe kennzeichnet den niedrigeren (negativeren) der beiden Logikpegel. Hierfür ist der jeweils größte (maximale) Spannungswert V_{ILmax} angegeben, der noch als "logisch Low" erkannt wird. Der minimale Spannungswert V_{ILmin} entspricht der geringsten zulässigen Eingangsspannung V_{Imin} (typischerweise - so auch hier - ist $V_{Imin} = GND = 0$ V).

Hinweise:

1. Bei positiver Logik gilt Low = 0 und High = 1, bei negativer Logik gilt Low = 1 und High = 0. Geht es um TTL-, CMOS- und BiCMOS-Schaltkreise, so wird in der Regel positive Logik verwendet. In den Datenblättern bezieht man sich typischerweise gar nicht auf Wahrheitswerte (0, 1), sondern ausschließlich auf die Signalpegel Low (L) und High (H). Die Funktionsbeschreibung (vgl. auch die Funktionstabelle in Abbildung 7.2) hängt somit nicht davon ab, welchem Pegel welcher Wahrheitswert zugeordnet wird.
2. Zur Wiederholung (Einführung, Abschnitt 2.3.1.): niedriger bzw. negativer = näher an $-\infty$; höher bzw. positiver = näher an $+\infty$.
3. Die Kennwerte sind speisespannungsabhängig. In unseren Beispielen gibt es deshalb jeweils drei Kennwertangaben: (1) beim Mindestwert, (2) bei einem mittleren Wert, (3) beim Höchstwert der Speisespannung (hier: bei 3 V, 4,5 V und 5,5 V).
4. Unsere Beispiele sind CMOS-Schaltkreise. Achten Sie auf den großen Bereich der zulässigen Speisespannung (von 3 bis 5,5 V) und darauf, daß die Kennwerte mit zunehmender Speisespannung immer besser werden.
5. Wir merken uns: beim Betrieb mit minimaler Speisespannung sind die Schaltkreise gerade noch funktionsfähig. Deshalb kann diese Betriebsweise - aus Zuverlässigkeitsgründen - nicht empfohlen werden (vgl. auch die NOTE 2 in Abbildung 7.5 unten).

High-Level Output Current (High-Ausgangsstrom) I_{OH}

Das ist der höchstzulässige Strom, der durch einen Ausgang fließen darf, der High-Signal führt. Der Hersteller garantiert, daß unter dieser Bedingung der High-Pegel die spezifizierte minimale High-Ausgangsspannung V_{OHmin} (Abbildung 7.6) nicht unterschreitet.

Low-Level Output Current (Low-Ausgangsstrom) I_{OL}

Das ist der höchstzulässige Strom, der durch einen Ausgang fließen darf, der Low-Signal führt. Der Hersteller garantiert, daß unter dieser Bedingung der Low-Pegel die spezifizierte maximale Low-Ausgangsspannung V_{OLmax} (Abbildung 7.6) nicht überschreitet.

Input Voltage (Eingangsspannung) V_I , Output Voltage (Ausgangsspannung) V_O

Dies sind die Spannungsbereiche, die an den Ein- und Ausgängen insgesamt zulässig sind (mit anderen Worten: die Angaben kennzeichnen den jeweils zulässigen maximalen Spannungshub). Unser Beispiel entspricht einer typischen Spezifikation: die zulässige Spannung reicht jeweils von GND (= 0 V) bis zur aktuellen Speisespannung (V_{CC}).

Hinweis:

Die Kennwerte sind von besonderer Bedeutung, wenn eine ausgeschaltete Hardware in einer eingeschalteten Umgebung überleben soll (Stromsparen, Tauschen von Funktionseinheiten bei laufendem Betrieb).

Input Transition Rise or Fall Rate dt/dv

Dies ist die geforderte höchstzulässige Anstiegsrate der Signalfanken an den Eingängen des Schaltkreises. Der Kehrwert ergibt die Mindest-Anstiegsgeschwindigkeit bzw. Flankensteilheit.

Operating Free-Air Temperature (Betriebstemperatur) T_A

Dies ist der Temperaturbereich, in dem das Bauelement betrieben werden darf. Vgl. auch Seite 144.

7.2.4. Elektrische Betriebswerte (Electrical Characteristics over Recommended Free-Air Temperature Range)

Die im Datenblatt angegebenen elektrischen Betriebswerte (Abbildungen 7.6, 7.7) sind Grenzwerte, deren Einhaltung garantiert wird, vorausgesetzt, das Bauelement wird im Rahmen der empfohlenen Betriebsbedingungen eingesetzt.

Hinweis:

Die Einhaltung der Angaben wird meßtechnisch überprüft. Beachten Sie, wenn Sie mit solchen Werten arbeiten, stets die Prüfbedingungen (Test Conditions), unter denen sie ermittelt wurden.

| PARAMETER | TEST CONDITIONS | V _{CC} | T _A = 25 °C | | | 54ACT11074 | | 74ACT11074 | | UNIT |
|--------------------------------------|---|-----------------|------------------------|-----|-------|------------|------|------------|-----|------|
| | | | MIN | TYP | MAX | MIN | MAX | MIN | MAX | |
| V _{OH} | I _{OH} = - 50 μA | 4.5 V | 4.4 | | | 4.4 | | 4.4 | V | |
| | | 5.5 V | 5.4 | | | 5.4 | | 5.4 | | |
| | | 4.5 V | 3.94 | | | 3.7 | | 3.8 | | |
| | I _{OH} = - 24 mA | 5.5 V | 4.94 | | | 4.7 | | 4.8 | | |
| | | 5.5 V | | | | 3.85 | | | | |
| V _{OL} | I _{OL} = 50 μA | 4.5 V | | | 0.1 | | 0.1 | 0.1 | V | |
| | | 5.5 V | | | 0.1 | | 0.1 | 0.1 | | |
| | | 4.5 V | | | 0.36 | | 0.5 | 0.44 | | |
| | I _{OL} = 24 mA | 5.5 V | | | 0.36 | | 0.5 | 0.44 | | |
| | | 5.5 V | | | | | 1.65 | | | |
| I _{OL} = 75 mA [‡] | 5.5 V | | | | | | 1.65 | | | |
| I _I | V _I = V _{CC} or GND | 5.5 V | | | ± 0.1 | | ± 1 | μA | | |
| I _{CC} | V _I = V _{CC} or GND, I _O = 0 | 5.5 V | | | 4 | | 80 | 40 | μA | |
| ΔI _{CC} [§] | One input at 3.4 V, Other inputs at GND or V _{CC} | 5.5 V | | | 0.9 | | 1 | 1 | mA | |
| C _I | V _I = V _{CC} or GND | 5 V | | | 3.5 | | | | pF | |

[‡]Not more than one output should be tested at a time, and the duration of the test should not exceed 10 ms.
[§]This is the increase in supply current for each input that is at one of the specified TTL voltage levels rather than 0 V or V_{CC}.

operating characteristics, V_{CC} = 5 V, T_A = 25 °C

| PARAMETER | | TEST CONDITIONS | TYP | UNIT |
|-----------------|---|------------------|-----|------|
| C _{pd} | Power dissipation capacitance per flip-flop | Outputs enabled | 35 | pF |
| | | Outputs disabled | 12 | |

Abbildung 7.6 Tabelle der elektrischen Betriebswerte. D-Flipflop AC11074 (Texas Instruments)

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

| PARAMETER | TEST CONDITIONS | V _{CC} | T _A = 25 °C | | | 54AC11244 | | 74AC11244 | | UNIT |
|--------------------------------------|---|-----------------|------------------------|-----|-------|-----------|------|-----------|-----|------|
| | | | MIN | TYP | MAX | MIN | MAX | MIN | MAX | |
| V _{OH} | I _{OH} = - 50 μA | 3 V | 2.9 | | | 2.9 | | 2.9 | V | |
| | | 4.5 V | 4.4 | | | 4.4 | | 4.4 | | |
| | | 5.5 V | 5.4 | | | 5.4 | | 5.4 | | |
| | I _{OH} = - 4 mA | 3 V | 2.58 | | | 2.4 | | 2.48 | | |
| | | 4.5 V | 3.94 | | | 3.7 | | 3.8 | | |
| | I _{OH} = - 24 mA | 5.5 V | 4.94 | | | 4.7 | | 4.8 | | |
| | | 5.5 V | | | | 3.85 | | | | |
| V _{OL} | I _{OL} = 50 μA | 3 V | | | 0.1 | | 0.1 | 0.1 | V | |
| | | 4.5 V | | | 0.1 | | 0.1 | 0.1 | | |
| | | 5.5 V | | | 0.1 | | 0.1 | 0.1 | | |
| | I _{OL} = 12 mA | 3 V | | | 0.36 | | 0.5 | 0.44 | | |
| | | 4.5 V | | | 0.36 | | 0.5 | 0.44 | | |
| | I _{OL} = 24 mA | 5.5 V | | | 0.36 | | 0.5 | 0.44 | | |
| | | 5.5 V | | | | | 1.65 | | | |
| I _{OL} = 75 mA [†] | 5.5 V | | | | | | 1.65 | | | |
| I _{OZ} | V _O = V _{CC} or GND | 5.5 V | | | ± 0.5 | | ± 10 | ± 5 | μA | |
| I _I | V _I = V _{CC} or GND | 5.5 V | | | ± 0.1 | | ± 1 | ± 1 | μA | |
| I _{CC} | V _I = V _{CC} or GND, I _O = 0 | 5.5 V | | | 8 | | 160 | 80 | μA | |
| C _I | V _I = V _{CC} or GND | 5 V | | | 4 | | | | pF | |
| C _O | V _O = V _{CC} or GND | 5 V | | | 10 | | | | pF | |

[†]Not more than one output should be tested at one time, and the duration of the test should not exceed 10 ms.

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

Abbildung 7.7 Tabelle der elektrischen Betriebswerte. Tri-State-Bustreiber AC11244. Der Pfeil zeigt auf den für Tri-State-Ausgänge typischen Kennwert (Texas Instruments)

Im folgenden werden die einzelnen Angaben näher erklärt.

High-Level Output Voltage (High-Ausgangsspannung) V_{OH}

Dies ist die Mindest-Ausgangsspannung, die nicht unterschritten wird, wenn der Ausgang infolge der Funktion des Schaltkreises High-Pegel führt und dabei der maximale High-Ausgangsstrom V_{IH} fließt.

Low-Level Output Voltage (Low-Ausgangsspannung) V_{OL}

Dies ist die höchste Ausgangsspannung, die nicht überschritten wird, wenn der Ausgang infolge der Funktion des Schaltkreises Low-Pegel führt und dabei der maximale Low-Ausgangsstrom V_{IL} fließt.

Hinweis:

Die Datenblätter kennzeichnen die Abhängigkeit von Ausgangsspannung und Ausgangsstrom anhand von Stichproben (zwei oder drei Speisespannungen, einige typische Belastungsfälle). Die Belastungsfälle betreffen typischerweise:

- eine sehr geringe Belastung (in den Beispielen: 50 μ A). Einsatzfall: Schaltkreis treibt ausschließlich CMOS-Eingänge.
- die maximal zulässige Belastung (in den Beispielen: bis zu 24 mA). Einsatzfall: Schaltkreis treibt Bauelemente, die Strom brauchen oder Stromflüsse verursachen (Pull-up-Widerstände, LEDs, TTL-Eingänge usw.).

Überlastfälle

Die Bauelemente überleben auch höhere Ausgangsströme (vgl. in unseren Beispielen die Angaben zu 50 und 75 mA). Hierbei ist aber das Kleingedruckte zu beachten (in den Abbildungen unten).

Off-State Output Current (Ausgangsstrom im hochohmigen Zustand) I_{OZ}

Dies ist der Strom, der durch einen Ausgang fließen kann, wenn dieser Ausgang infolge der Funktion des Schaltkreises hochohmig bleibt. Der Parameter ist nur bei Tri-State-Ausgängen - hier beim 11244 - von Bedeutung (Pfeil in Abbildung 7.7).

Der Kennwert betrifft keinen Leckstrom. Vielmehr handelt es sich um den Strom, der durch den Ausgang fließt, falls die Tri-State-Leitung anderweitig auf Low oder auf High getrieben wird. Im allgemeinen Fall sind zwei Angaben^{*)} erforderlich:

- I_{OZH} gilt, wenn der höchste zulässige High-Pegel anliegt (V_{IHmax}),
- I_{OZL} gilt, wenn der geringste zulässige Low-Pegel anliegt (V_{ILmin}).

Input Current (Eingangsstrom) I_I

Dies ist der maximale Strom, der durch einen Eingang fließt. Er wird mit den Eingangspegeln GND (für Low) und V_{CC} (für High) gemessen. Es gibt also grundsätzlich zwei Angaben (I_{IL} und I_{IH})^{*)}.

*) bei den typischen CMOS-Schaltkreisen (so auch in unserem Beispiel) unterscheiden sich beide Kennwerte nur im Vorzeichen, so daß man sich auf eine Angabe beschränkt.

Supply Current (Speisestrom) I_{CC}

Dies ist der maximale Strom, der durch den Speisespannungsanschluß fließt, und zwar bei statischer Ansteuerung ohne Belastung der Ausgänge. Er wird mit den Eingangspegeln GND (für Low) und V_{CC} bzw. - bei TTL-kompatiblen Schaltkreisen (hier: ACT) - mit + 3 V (für High) gemessen. Dabei sind die Ausgänge offen.

Supply Current Change (Speisestromänderung) ΔI_{CC}

Dieser Wert wird lediglich bei bei TTL-kompatiblen Schaltkreisen (hier: ACT) angegeben. Er kennzeichnet die Zunahme des Speisestromes für jeden Eingang, der mit einem TTL-typischen Pegel (z. B. 3,4 V) anstelle von GND oder V_{CC} angesteuert wird. Werden n Eingänge mit solchen TTL-Pegeln betrieben, so erhöht sich der gesamte Speisestrom um $n \cdot \Delta I_{CC}$.

Input Capacitance (Eingangskapazität) C_i

Es handelt sich um einen - ungeprüften - Durchschnittswert der (parasitären) Kapazität eines Eingangs.

Output Capacitance (Ausgangskapazität) C_o

Es handelt sich um einen - ungeprüften - Durchschnittswert der (parasitären) Kapazität eines Ausgangs.

Power Dissipation Capacitance C_{pd}

Diese Angabe ermöglicht es, den dynamischen (bei Schaltvorgängen zeitweilig auftretenden) Speisestrombedarf zu berechnen.

7.2.5. Zeitliche Anforderungen (Timing Requirements)

Die zeitlichen Anforderungen (Abbildung 7.8) sind Kennwerte, bei deren Einhaltung der Hersteller das Funktionieren des Bauelements garantiert. Abbildung 7.9 veranschaulicht, unter welchen Bedingungen die Werte geprüft werden.

timing requirements (see Figure 1)

| | | VCC RANGE | T _A = 25 °C | | 54AC11074 | | 74AC11074 | | UNIT |
|--------------------|--------------------------------|------------------------|------------------------|-----|-----------|-----|-----------|-----|------|
| | | | MIN | MAX | MIN | MAX | MIN | MAX | |
| f _{clock} | Clock frequency | 3.3 ± 0.3 V | 0 | 100 | 0 | 100 | 0 | 100 | MHz |
| | | 5 ± 0.5 V | 0 | 125 | 0 | 125 | 0 | 125 | |
| t _w | Pulse duration | PRE or CLR low | 3.3 ± 0.3 V | 4 | 4 | 4 | 4 | ns | |
| | | | 5 ± 0.5 V | 4 | 4 | 4 | | | |
| | | CLK low or CLK high | 3.3 ± 0.3 V | 5 | 5 | 5 | | | |
| | | | 5 ± 0.5 V | 4 | 4 | 4 | | | |
| t _{su} | Setup time data before CLK* | Data high or low | 3.3 ± 0.3 V | 5 | 5 | 5 | ns | | |
| | | | 5 ± 0.5 V | 3.5 | 3.5 | 3.5 | | | |
| | | PRE or CLR inactive | 3.3 ± 0.3 V | 1 | 1 | 1 | | | |
| | | | 5 ± 0.5 V | 1 | 1 | 1 | | | |
| t _h | Hold time data after CLK* | 3.3 ± 0.3 V | 0 | 0 | 0 | ns | | | |
| | | 5 ± 0.5 V | 0 | 0 | 0 | | | | |

Abbildung 7.8 Tabelle der zeitlichen Anforderungen (Texas Instruments). Figure1 entspricht Abbildung 7.9

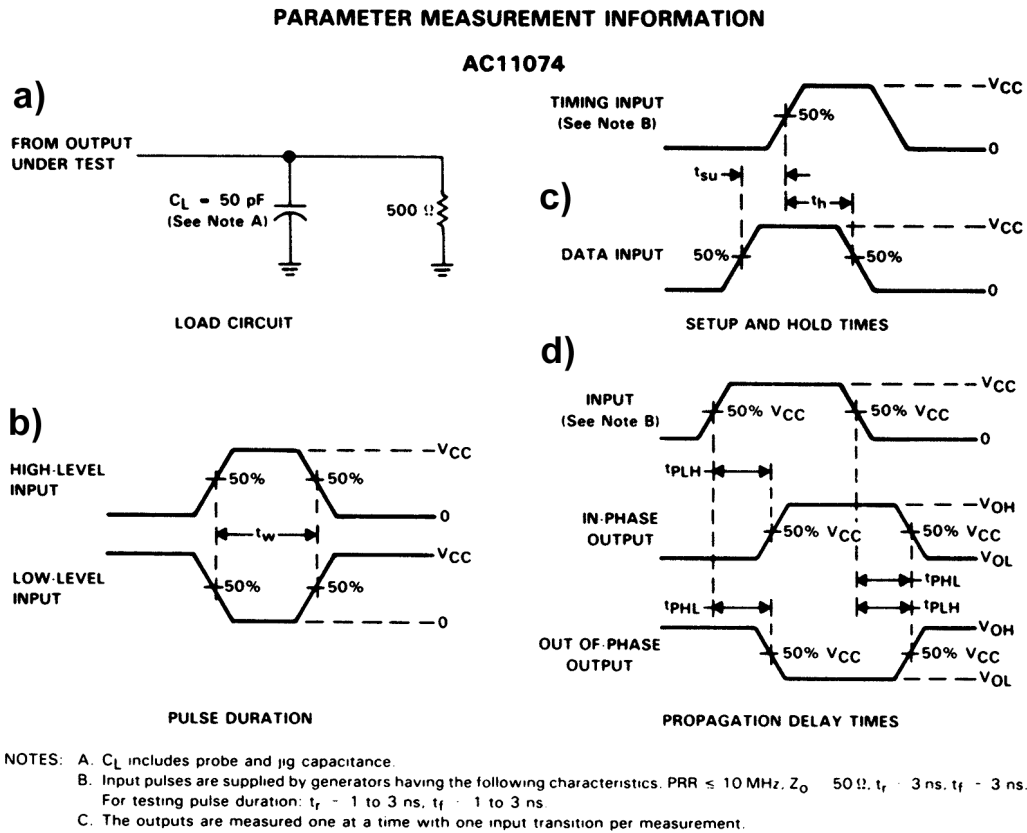


Abbildung 7.9 Ersatzlast und Signalformen (Texas Instruments)

Erklärung:

a) - Ersatzlast an den Ausgängen; b) Impulsbreite; c) Setup- und Haltezeiten; d) - Verzögerungszeiten.

Clock Frequency (Taktfrequenz) f_{clock}

Die Angabe kennzeichnet den Bereich der Taktfrequenz, in dem das Bauelement korrekt arbeitet. Voll statische Schaltkreise (wie das hier als Beispiel dienende Flipflop) haben nur einen Maximalwert. Schaltkreise mit dynamischen Funktionselementen haben zudem eine Mindest-Taktfrequenz.

Pulse Duration (Impulsbreite) t_w

Es ist jeweils angegeben, welcher Eingang welchen Signalpegel über welche Zeit hinweg erfordert, um korrekt wirken zu können.

Setup Time (Vorhaltezeit) t_{su}

Die Angabe kennzeichnet die geringste Zeitdifferenz zwischen dem Wirksamwerden einer Signalfanke an einem Eingang und dem Anstehen gültiger Werte (die sich zwischenzeitlich nicht mehr ändern) an anderen Eingängen. Bei positivem Wert müssen die besagten Werte eher bereitstehen ("voreilend", also zeitig genug vor Auftreten der Flanke). Ein negativer Wert besagt, daß die Werte nicht eher bereitstehen müssen; er kennzeichnet die höchstzulässige "nacheilende" Zeitverzögerung.

Hold Time (Haltezeit) t_h

Die Angabe kennzeichnet die geringste einzuhaltende Zeitdifferenz zwischen dem Wirksamwerden einer Signalfanke an einem Eingang und dem Beibehalten (= Nicht-Ändern) anderer Eingangsbelegungen.

Hinweis:

Werden die geforderten Vorhalte- und Haltezeiten nicht eingehalten, so ist damit zu rechnen, daß das Bauelement in einen metastabilen Zustand gelangt (vgl. Abschnitt 2.2.5.).

7.2.6. Schaltzeiten (Switching Characteristics)

Die Schaltzeitangaben (Abbildungen 7.10 und 7.11) besagen, wie schnell das Bauelement auf Änderungen an den Eingängen reagieren wird.

switching characteristics, $V_{CC} = 5 V \pm 0.5 V$ (see Figure 1)

| PARAMETER | FROM (INPUT) | TO (OUTPUT) | $T_A = 25^\circ C$ | | | 54ACT11074 | | 74ACT11074 | | UNIT |
|-----------|--------------|----------------|--------------------|-----|------|------------|------|------------|------|------|
| | | | MIN | TYP | MAX | MIN | MAX | MIN | MAX | |
| f_{max} | | | 100 | 125 | | 100 | | 100 | | MHz |
| t_{PLH} | PRE or CLR | Q or \bar{Q} | 1.5 | 5.7 | 8.9 | 1.5 | 10.1 | 1.5 | 9.6 | ns |
| t_{PHL} | | | 1.5 | 6.6 | 11.3 | 1.5 | 13.3 | 1.5 | 12.5 | |
| t_{PLH} | CLK | Q or \bar{Q} | 1.5 | 6 | 8.5 | 1.5 | 10 | 1.5 | 9.4 | ns |
| t_{PHL} | | | 1.5 | 5.7 | 8 | 1.5 | 9.4 | 1.5 | 8.8 | |

Abbildung 7.10 Tabelle der Schaltzeiten eines Flipflop-Schaltkreises (Texas Instruments). Figure1 entspricht Abbildung 7.9

switching characteristics over recommended operating free-air temperature range (unless otherwise noted) (see Figure 1)

| PARAMETER | FROM (INPUT) | TO (OUTPUT) | V_{CC} RANGE | $T_A = 25^\circ C$ | | | 54AC11244 | | 74AC11244 | | UNIT |
|-----------|--------------|-------------|-----------------|--------------------|-----|------|-----------|------|-----------|------|------|
| | | | | MIN | TYP | MAX | MIN | MAX | MIN | MAX | |
| t_{PLH} | A | Y | $3.3 \pm 0.3 V$ | 1.5 | 7.1 | 9.3 | 1.5 | 10.8 | 1.5 | 10.2 | ns |
| | | | $5 \pm 0.5 V$ | 1.5 | 4.9 | 6.7 | 1.5 | 7.7 | 1.5 | 7.3 | |
| t_{PHL} | | | $3.3 \pm 0.3 V$ | 1.5 | 6.3 | 8.6 | 1.5 | 10.5 | 1.5 | 9.5 | ns |
| | | | $5 \pm 0.5 V$ | 1.5 | 4.5 | 6.4 | 1.5 | 7.4 | 1.5 | 6.9 | |
| t_{PZH} | \bar{Q} | Y | $3.3 \pm 0.3 V$ | 1.5 | 8 | 10.7 | 1.5 | 12.9 | 1.5 | 11.8 | ns |
| | | | $5 \pm 0.5 V$ | 1.5 | 5.4 | 7.7 | 1.5 | 9.3 | 1.5 | 8.5 | |
| t_{PZL} | | | $3.3 \pm 0.3 V$ | 1.5 | 7.9 | 10.6 | 1.5 | 12.9 | 1.5 | 11.9 | ns |
| | | | $5 \pm 0.5 V$ | 1.5 | 5.4 | 7.6 | 1.5 | 9.1 | 1.5 | 8.5 | |
| t_{PHZ} | \bar{Q} | Y | $3.3 \pm 0.3 V$ | 1.5 | 5.9 | 7.9 | 1.5 | 8.7 | 1.5 | 8.3 | ns |
| | | | $5 \pm 0.5 V$ | 1.5 | 5.2 | 7 | 1.5 | 7.6 | 1.5 | 7.3 | |
| t_{PLZ} | | | $3.3 \pm 0.3 V$ | 1.5 | 7.2 | 9.4 | 1.5 | 10.4 | 1.5 | 9.9 | ns |
| | | | $5 \pm 0.5 V$ | 1.5 | 5.8 | 7.8 | 1.5 | 8.6 | 1.5 | 8.2 | |

Abbildung 7.11 Tabelle der Schaltzeiten eines Schaltkreises mit Tri-State-Ausgängen (Texas Instruments). Figure1 entspricht Abbildung 7.12

Im folgenden werden die einzelnen Angaben näher erklärt.

Maximum Clock Frequency (höchste Taktfrequenz) f_{max}

Dies ist die höchste Taktfrequenz, mit der der Schaltkreis noch korrekt arbeitet. Es handelt sich praktisch um den Maximalwert der f_{clock} -Angabe.

Hinweise:

1. Beachten Sie, daß f_{\max} als *Minimalwert* angegeben ist (Interpretation: "das Bauelement arbeitet wenigstens bis x MHz, wenn nicht noch schneller").
2. Bei eher elementaren Schaltkreisen (wie dem hier gezeigten Flipflop, bei Zählern, Schieberegistern usw.) wird bei f_{\max} der jeweils letzte Ausgang hinsichtlich der einfachsten bestimmungsgemäßen Funktion geprüft; eine vollständige Funktionsprüfung wird nicht vorgenommen. Das heißt in der Praxis: D- oder JK-Flipflops und Zählerschaltkreise sind bei Taktierung mit f_{\max} als Frequenzteiler noch brauchbar (der niedrigstwertige Ausgang schaltet korrekt), Schieberegister werden noch Bits vom Eingang zum Ausgang weiterreichen. Weitere Funktionen, wie zwischenzeitliches Rücksetzen, Parallelübernahme usw. werden aber nicht mehr garantiert. (Die hierfür anzusetzende obere Grenzfrequenz müßte man sich aus den jeweiligen Verzögerungs-, Setup- und Haltezeiten erschließen.) Mit Blick darauf, daß bei Ansteuerung mit f_{\max} ein Flipflop noch als Frequenzteiler brauchbar ist (also hin- und herschaltet), spricht man auch gelegentlich von der maximalen "Toggle"-Frequenz.
3. Bei hochintegrierten Schaltkreisen (z. B. Prozessoren), bezeichnet die f_{\max} -Angabe die tatsächliche obere Grenzfrequenz, mit der der Schaltkreis noch in vollem Umfang funktioniert.

Propagation Delay Time, High-to-Low-Level Output (High-Low-Verzögerungszeit) t_{PHL} , Propagation Delay Time, Low-to-High-Level Output (Low-High-Verzögerungszeit) t_{PLH}
Verzögerungszeiten werden zwischen bestimmten Ein- und Ausgängen gemessen. (Die dafür ausgewerteten Signalpegel sind aus Abbildung 7.9 ersichtlich.) Dabei wird stets auf die *Ausgangsänderung* Bezug genommen. Eine High-Low-Verzögerungszeit kennzeichnet das Umschalten des Ausgangs von High nach Low, eine Low-High-Verzögerungszeit das Umschalten von Low nach High. Hierzu müssen die Eingänge so angesteuert werden, daß die gewünschte Wirkung zustande kommt.

Auf- und Abschaltzeiten bei Tri-State-Ausgängen

Tri-State-Ausgänge können zwischen dem aktiven und dem hochohmigen (HI-Z) Zustand umgeschaltet werden.

Aufschaltzeiten kennzeichnen die Verzögerung zwischen dem Aktivwerden der Aufschalterlaubnis (zumeist mit Output Enable bezeichnet) und dem Übergang des Ausgangs in den aktiven Zustand.

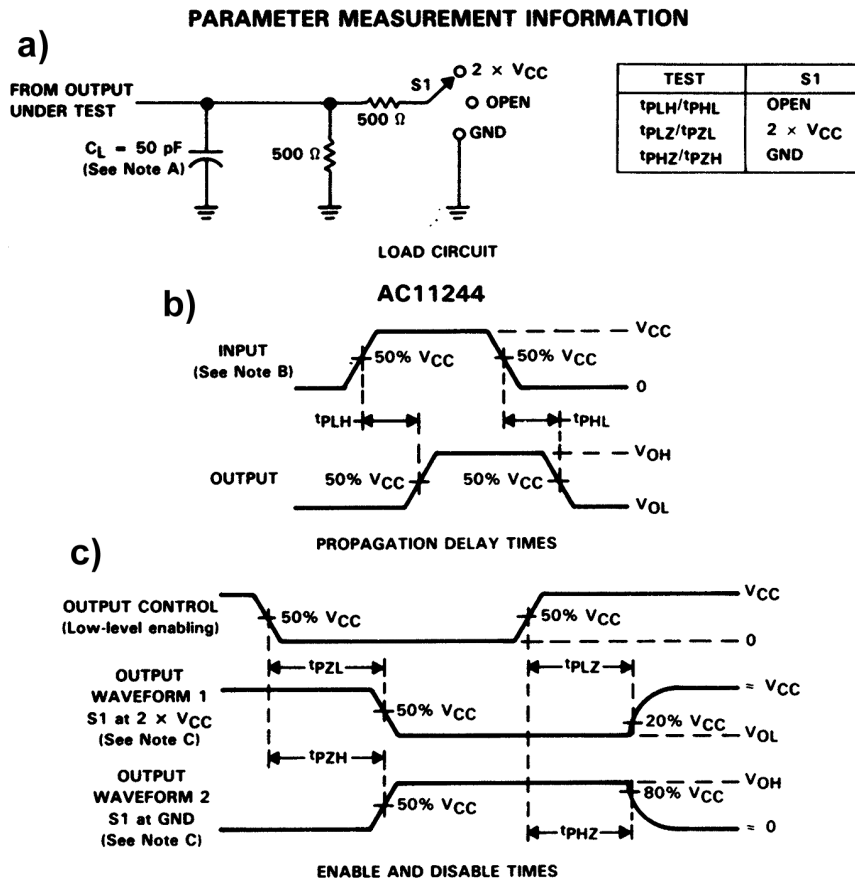
Abschaltzeiten kennzeichnen die Verzögerung zwischen dem Inaktivwerden der Aufschalterlaubnis und dem Übergang des Ausgangs in den inaktiven (hochohmigen, HI-Z) Zustand. Beim Aufschalten kann der Ausgang jeden der beiden "aktiven" Pegel (Low oder High) liefern, beim Abschalten kann er jeden der beiden "aktiven" Pegel verlassen.

Dementsprechend kann man 4 verschiedene Zeitangaben messen:

1. Output Enable Time to High Level (High-Aufschaltzeit) t_{PZH} ,
2. Output Enable Time to Low Level (Low-Aufschaltzeit) t_{PZL} ,

3. Output Disable Time from High Level (High-Abschaltzeit) t_{PHZ} ,
4. Output Disable Time from Low Level (Low-Abschaltzeit) t_{PLZ} .

Abbildung 7.12 zeigt, wie eine Ersatzlast zum Prüfen von Tri-State-Ausgängen aussieht und bei welchen Pegel-Werten welche Zeiten gemessen werden.



NOTES: A. C_L includes probe and jig capacitance.
 B. Input pulses are supplied by generators having the following characteristics: $PRR \leq 10 \text{ MHz}$, $Z_o = 50 \Omega$, $t_r = 3 \text{ ns}$, $t_f = 3 \text{ ns}$.
 C. Waveform 1 is for an output with internal conditions such that the output is low except when disabled by the output control. Waveform 2 is for an output with internal conditions such that the output is high except when disabled by the output control.

Abbildung 7.12 Ersatzlast und Signalformen zum Prüfen von Tri-State-Ausgängen (Texas Instruments)

Erklärung:

a) - Ersatzlast an den Ausgängen; b) - Verzögerungszeiten; c) - Auf- und Abschaltzeiten (oben: das Steuersignal (z. B. OUTPUT ENABLE OE oder CHIP ENABLE CE), darunter: zwei Ausgangssignale).

7.2.7. Schaltkreisprüfung

Prüfung der Kennwerte (Parameter Measurement Information)

Ergänzend zu den Tabellen enthalten die meisten Datenblätter eine Kurzdarstellung der Prüfbedingungen (Parameter Measurement Information). Das betrifft die verwendeten Ersatzlasten sowie die jeweiligen Erregungen der Eingänge (den Test-Stimulus) und das erwartete Schaltverhalten der Ausgänge. Als Beispiele vgl. die Abbildungen 7.9 und 7.12.

Funktionsprüfung

Die Funktionsprüfung ist im Datenblatt nicht in allen Einzelheiten ausgeführt. Zumeist sind nur die grundsätzlichen Prüfbedingungen beschrieben. Im folgenden seien einschlägige Angaben der Fa. Texas Instruments zur Prüfung des Flipflop-Schaltkreises 74AC/ACT11074 kurz zusammengefaßt:

- es werden Prüfmuster angelegt, die eine funktionelle Prüfung gewährleisten (d. h. im Falle einfacher Schaltkreise: die Wahrheits- bzw. Funktionstabelle abprüfen),
- 5-V-CMOS-Schaltkreise (hier: AC) werden mit Low-Pegeln von 0 V und High-Pegeln entsprechend V_{CC} geprüft, TTL-kompatible Schaltkreise (hier: ACT) mit 0 V und 3 V,
- die Folgefrequenz der Prüfzyklen (Prüfmuster anlegen, Reaktion abfragen) liegt üblicherweise bei 10 MHz,
- die Prüfungen werden bei Speisespannungen (V_{CC}) von 4,5 und 5,5 V je dreimal wiederholt, wobei die Bezugspunkte (für High und Low) bei $V_{OH} - 200 \text{ mV}$ und $V_{OL} + 200 \text{ mV}$ liegen. Dabei werden die Ausgänge nicht voll belastet. CMOS-Schaltkreise werden zusätzlich mit $V_{CC} = 3 \text{ V}$ geprüft.

7.3. Was gehört zu einem Bus- bzw. Interfacestandard?

Wir werden keine vollständigen Standards abdrucken (was heutzutage an sich eine Unmöglichkeit wäre - vgl. Abbildung 7.1), sondern wollen übersichtsweise erläutern, wie ein Standard aufgebaut ist. Natürlich gibt es Unterschiede in Ausdrucksweise, Gliederung, Aufmachung und in den jeweils gewählten Darstellungsmitteln, aber praktisch alle Bus- bzw. Interfacestandards haben folgenden Inhalt:

Allgemeine Auslegung und Zweckbestimmung

Dies ist eine Art Einleitung. Sie sollten diese auf jeden Fall lesen, da Sie manche Einzelheiten eher verstehen werden, wenn Sie wissen, *wozu* die im Standard spezifizierten Systeme vorgesehen sind.

Logisch-funktionelle Spezifikation

Das Bussystem bzw. Interface wird in *Struktur* und *Funktion* umfassend beschrieben.

- **Strukturbeschreibung:** Es werden alle *Signale bzw. Leitungen* aufgezählt und nach Bedeutung und Verwendung beschrieben. Wichtige Einzelheiten betreffen die Polarität (aktiv High oder aktiv Low) und die Anschaltung (Open Collector, Open Drain, Tri State, Punkt-zu-Punkt-Verbindung, Daisy Chain usw.).

- Funktionsbeschreibung: Nach Darlegung der Struktur werden alle Buszyklen und sonstigen Signalfolgen (Rücksetzen, Master-Auswahl, Slave-Auswahl, Informationsübertragung usw.) sowie alle Zustände und Zustandsübergänge genau dokumentiert, und zwar einschließlich der Zeitverhältnisse.

Elektrische Spezifikation

Hier sind alle Anforderungen an Signalpegel, Flankensteilheiten, Schaltzeiten, an den Wellenwiderstand der Signalleitungen usw. zusammengefaßt.

Mechanisch-konstruktive Spezifikation

Diese Angaben betreffen Abmessungen und Belegung der Anschlüsse und Steckverbinder sowie die maximale Länge der Signalwege und deren konstruktive Ausführung (als Streifenleiter auf einer Leiterplatte, als Flachbandkabel, Koaxialkabel usw.).

Spezifikationen neuromodischer Vorkehrungen und Gebrauchseigenschaften

Diese betreffen u. a. Kompatibilitätsfragen, die Einbindung in Schichtenmodelle, Paketstrukturen, Softwareschnittstellen, die elektromagnetische Verträglichkeit, die Systemverwaltung, das Stromsparen, die liebe Umwelt usw. Vor allem die Systemverwaltungs- und Stromsparvorkehrungen tragen auf^{*)} - man hat sich hier im Laufe der Zeit wirklich sehr viel Mühe gegeben.

*) in der InfiniBand-Spezifikation (Abbildung 7.1c) belegen die einschlägigen Abschnitte wenigstens 700 Seiten (über beide Bände gerechnet) ...

Beschreibungsmittel

Standards verschiedener Herkunft unterscheiden sich oft erheblich in den jeweils gewählten Beschreibungsmitteln. Die Erfahrung zeigt, daß rein formale Beschreibungen (Zustandsgraphen, Programmiersprachen, Gleichungen) allein nicht besonders zweckmäßig sind, sondern daß es meist besser ist, den Standard zunächst in Form einer herkömmlichen technischen Dokumentation darzulegen (also als Mischung aus Beschreibung, Listen, Impulsdigrammen usw.), und die exakte Formalbeschreibung beispielsweise als Anhang beizugeben.

Besonderheiten des Fach-Englisch

Standards müssen Sie - ebenso wie Datenblätter - wie Gesetzestexte oder wie das Kleingedruckte in Verträgen lesen. Die Fremdsprache sorgt mit ihren Feinheiten hier gelegentlich für zusätzliche Unsicherheiten. Nicht alle Standardisierungsgremien denken daran, daß die Formulierungen auch in der Übersetzung verständlich und eindeutig bleiben müssen.

Ein positives Beispiel

IBM hat in firmeninternen Richtlinien (Style Guides), die das Abfassen von Systemdokumentation betreffen, bestimmte Redewendungen vorgeschrieben, um vor allem auch in der Übersetzung Eindeutigkeit zu gewährleisten. Einige Beispiele:

- "Müssen" heißt "must" oder "should be"; "können" oder "dürfen" heißt "can" (oder auch "may be"). Beachten Sie, daß die schulmäßig-naive Übersetzung "should" = "sollen/dürfen" hier inkorrekt ist. Beispiel: "Signal A should be active at least 100 ns". Das heißt: Signal A *muß* wenigstens 100 ns aktiv sein (also: kürzere Aktivierungen sind

fehlerhaft!), nicht etwa, es *sollte* (darf) wenigstens 100 ns aktiv sein (wozu der Leser im Hintergrund assoziiert: "wenn es nur 80 ns sind, schadet es auch nichts"). Beachten Sie auch die Logik der Negation: wenn es heißt "X darf nicht sein", so bedeutet das: "die Negation von X *muß* sein".

- *as* wird im Sinne von "solange" verwendet, nicht im Sinne von "weil" oder "deshalb" (because),
- *since* wird im Sinne eines Zeitverlaufs verwendet ("seit.."), nicht im Sinne von "weil" oder "deshalb" (because),
- *when* wird verwendet, wenn das beschriebene Ereignis unvermeidbar (zwangsläufig) eintritt ("wenn..., dann" als Zwangsfolge; Beispiel: "wenn der Operandenzugriff beginnt, wird das A-Register überladen" - also etwas, das immer geschieht),
- *if* wird demgegenüber verwendet, wenn das beschriebene Ereignis von einem anderen abhängt (Beispiel: "wenn Sie das Kommando COPY eingeben, aber die betreffende Datei nicht existiert,...").

Hinweis:

Die einzelnen Standardisierungsgremien haben verschiedene Richtlinien. Neuere Standards enthalten zumeist entsprechende Erklärungen (unter der Überschrift *Conventions* o. ä.). Einige typische Beispiele zum gängigen Sprachgebrauch:

- *shall* kennzeichnet ein Erfordernis; die so gekennzeichneten Anforderungen müssen unbedingt eingehalten werden (Wechselwort: *mandatory*),
- *should* deutet eine gewisse Narrenfreiheit an (mit anderen Worten: es gibt gewisse Wahlmöglichkeiten). *Should* kennzeichnet hierbei besonders empfohlene Vorzugslösungen (Wechselwort: *recommended*).
- *may* bezeichnet Wahlmöglichkeiten ohne besondere Vorzugslösungen,
- *optional* bezeichnet Merkmale, die nicht unbedingt verwirklicht werden müssen. Wird aber so ein Merkmal vorgesehen, so muß die Implementierung exakt den Festlegungen im Standard entsprechen (mit anderen Worten: zwar ja oder nein, aber keine Narrenfreiheit, wenn ja).