

Seminararbeit Informationssysteme WS 03/04

1-Wire-Netzwerke

Thomas Edlinger [edling@sbox.tugraz.at]

26. Januar 2004

Betreuer: Dipl.-Ing. Dr.techn., Univ.-Ass. Harald Krottmaier

Kurzzusammenfassung

Bei einem 1-Wire Netzwerk handelt es sich um eine sehr einfache und gleichzeitig faszinierende Netzwerktechnologie. Sie bietet die Möglichkeit mit nur einem Twisted Pair Kabel ein komplettes Netzwerk aufzubauen. Die Kommunikation erfolgt mittels einem Master- Slave-Prinzip, bei dem sämtliche Kommunikation über den Master läuft. Die einzelnen angeschlossenen Geräte (Slaves) sind dabei spezielle 1-Wire Geräte, die verschiedenste Aufgaben erfüllen können. Ein Beispiel hierfür sind die iButtons. In ein äußerst widerstandfähiges Gehäuse verpackt, bieten sie eine Vielzahl verschiedener Möglichkeiten. Angefangen bei einfachen Datenspeicher, über Temperaturmess- und Speicherfunktionen bis hin zur JAVA-Funktionalität. Diese Arbeit gibt eine Einführung in die 1-Wire Netzwerktechnologie und einen Einblick in mögliche Anwendungsbereiche.

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	4
1.1	Aufbau der Arbeit	4
1.2	Was ist ein 1-Wire Netzwerk?	4
2	Aufbau eines 1-Wire Netzwerks	4
2.1	Aufbau und Prinzip eines 1-Wire Netzwerks	4
2.2	Topologie	5
3	Kommunikation im Netzwerk	6
3.1	Kommunikationsablauf / Protokoll	8
4	Eigenschaften eines 1-Wire Netzwerks	9
4.1	Länge des Netzwerkes, Anzahl der 1-Wire Geräte	9
4.2	Übertragungsgeschwindigkeit	9
4.3	Verwendung als Diskette	9
4.4	Adresse der 1-Wire Geräte	10
4.5	Spannungsversorgung der Slaves	10
4.6	Terminierung des Netzwerkes und Slew Rate des Masters	11
4.7	„Pull-up“ Widerstand des Masters	11
4.8	Das Kabel	13
5	Vor- und Nachteile von 1-Wire Netzwerken	14
6	Vergleich 1-Wire Netzwerke mit anderen Netzwerken	15
7	Anwendungsgebiete und Anwendungsbeispiele	16
7.1	Adressierbare digitale Messinstrumente	16
7.2	iButton	17
8	Ausblick	17
9	Zusammenfassung	18

Abbildungsverzeichnis

1	Lineare Topologie eines 1-Wire Netzwerks	5
2	„Stubbed“ Topologie eines 1-Wire Netzwerks	6
3	Stern Topologie eines 1-Wire Netzwerks	6
4	Zeitlicher Verlauf des Schreibvorganges einer logischen Eins vom Master zum Slave	7
5	Zeitlicher Verlauf des Schreibvorganges einer logischen Null vom Master zum Slave	7
6	Zeitlicher Verlauf des Lesevorganges des Masters	8
7	Zeitlicher Verlauf des Resetvorganges und des Anwesenheitsim- pulses	8
8	Typische Kommunikationssequenz in einem 1-Wire Netzwerk . .	9
9	Schematischer Aufbau des Ein- / Ausgabeelement´s eines 1-Wire Gerätes	10
10	Schaltung zur Kontrolle der Slew Rate des Masters	12
11	Elektrisches Ersatzschaltbild eines 1-Wire Netzwerkes	13
12	Spannungsverlauf beim Umschaltvorgang von „low“ auf „high“ mit einer unterschiedlichen Anzahl von Slaves	13
13	Schematische Darstellung der Verbindung verschiedener Netzwerke	14
14	Im 1-Wire Netzwerk enthaltene Schichten des OSI Modells	15
15	Windrichtungsmessgerät	16
16	Luftdruckmessgerät	17

1 Einführung

In der Einführung wird kurz der Aufbau dieser Arbeit beschrieben und ein Überblick über die 1-Wire Technologie gegeben.

1.1 Aufbau der Arbeit

Nach der Einführung in diesem Kapitel folgt in Kapitel 2 der Aufbau und die verschiedenen Topologien eines 1-Wire Netzwerkes. Danach werden die Kommunikationsabläufe in Kapitel 3 und im darauffolgenden die Eigenschaften eines 1-Wire Netzwerkes in Kapitel 4 betrachtet. Nachdem die Funktionsweise und Eigenschaften geklärt sind, folgen in Kapitel 5 die Vor- bzw. Nachteile und ein Vergleich zu anderen Netzwerken in Kapitel 6. Einige Anwendungsbeispiele werden in Kapitel 7 aufgezählt. Die Arbeit wird mit einer Zusammenfassung in Kapitel 9 abgeschlossen.

1.2 Was ist ein 1-Wire Netzwerk?

Dallas Semiconductor/Maxim (Homepage: www.maxim-ic.com¹) entwickelte eine sehr einfache Netzwerktechnologie namens 1-Wire. Auch unter dem Namen MicroLAN bekannt handelt sich dabei um ein „low cost“ Bus basierendes Netzwerk, welches ursprünglich entwickelt wurde um die Kommunikation naheliegender Geräte über einen einzelnen Pin eines Mikrocontrollerports zu ermöglichen. Dies war ein einfacher Weg die Speicherkapazität eines Mikrocontroller zu erweitern. Mit der Zeit wurde diese einfache Idee um viele Features erweitert und es entstand die 1-Wire Technologie.

Wie schon in der einfachen Version wird auch hier eine einzelne Leitung (und einen Bezugsleiter) für die Kommunikation und die Spannungsversorgung der einzelnen Teilnehmer verwendet. An einen Bus-Master können mehrere Slaves über ein einzelnes Twisted Pair Kabel angeschlossen werden. Für seine Identifizierung besitzt jeder Slave, egal welche Aufgabe er erfüllt, eine weltweit eindeutige und unveränderbare digitale Adresse. Die Anwendungspalette der 1-Wire Geräte reicht inzwischen von einfachen Speichern bis hin zu Java tauglichen Geräten.

2 Aufbau eines 1-Wire Netzwerkes

Um die Funktionsweise eines 1-Wire Netzwerkes verstehen zu können, muss zuerst der Aufbau eines solchen geklärt werden.

2.1 Aufbau und Prinzip eines 1-Wire Netzwerkes

Ein 1-Wire basierendes Netzwerk besteht grundsätzlich aus drei Teilen:

- dem Busmaster
- dem Verbindungselement
- dem 1-Wire Gerät

¹<http://www.maxim-ic.com>

Der Busmaster mit der Kontrollsoftware übernimmt die Steuerung der Kommunikation im Netzwerk. Er könnte durch einen Standardmikrokontroller (z.B. 8051 von Intel) oder einen normalen PC repräsentiert werden.

Das Verbindungselement stellt eine Verbindung zwischen dem Busmaster und den einzelnen 1-Wire Elementen her. Es besteht im einfachsten Fall aus einem Twisted Pair Kabel und den entsprechenden Anschlüssen für den Master und dem 1-Wire Element.

Das 1-Wire Gerät wird auch als Slave bezeichnet. In einem einfachen Netzwerk kann es vorkommen, dass nur eines davon existiert. Im Normalfall sind es natürlich mehrere Geräte. Bei diesen kann es sich um beliebige 1-Wire Geräte handeln, wie z.B. iButtons. Wichtig ist hierbei, dass jedes von ihnen eine weltweit eindeutige digitale Adresse hat, über die das Gerät angesprochen werden kann.

Bei einem 1-Wire Netzwerk handelt es sich vom Prinzip her um eine sehr einfache Master- Slave Modell. Da die Kommunikation über ein einzelnes „Twisted Pair“ Kabel erfolgt, sind einige Einschränkungen erforderlich. Kein 1-Wire Gerät (Slave) darf sprechen bevor es vom Master dazu aufgefordert wird. Es gibt auch keine direkte Kommunikation zwischen den einzelnen Slaves. Sollte eine solche erforderlich sein, wird diese über den Master abgewickelt.

2.2 Topologie

Da 1-Wire Komponenten im Normalfall mit einem Twisted Pair Kabel aufgebaut werden kann, gibt es nur wenige verschiedene Möglichkeiten um diese zu verbinden. Die meisten 1-Wire Netzwerke lassen sich in folgende 3 Kategorien einordnen:

Lineare Topologie: Abbildung 1 auf Seite 5 zeigt einen solchen Aufbau. Das 1-Wire Netzwerk ist durch ein einzelnes Leitungspaar welches vom Master bis hin zum entferntesten Slave in einer Linie (ohne größere „Stubs“) verbunden.

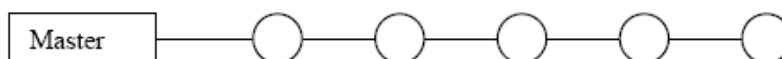


Abbildung 1: Lineare Topologie, Quelle: [App Note 148]

„Stubbed“ Topologie: In Abbildung 2 auf Seite 6 ist eine solche Topologie dargestellt. Hier ist das Netzwerk aus einem Hauptleitungspaar, welches vom Master aus zum entferntesten Slave reicht, aufgebaut. Die anderen Slaves werden über so genannte „Stubs“, die länger als 3 Meter sind, an die Hauptleitung angeschlossen.

Stern Topologie: Das Hauptleiterpaar wird am Masters (oder in seiner Nähe) aufgespalten und in verschiedenen Zweige unterschiedlicher Länge fortgesetzt. Abbildung 3 auf Seite 6 zeigt eine Sterntopologie.

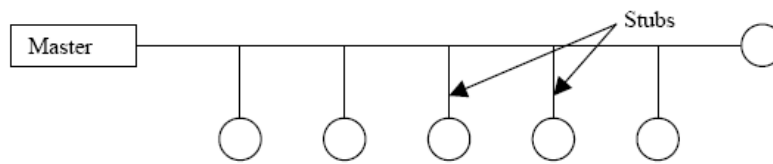


Abbildung 2: „Stubbed“ Topologie, Quelle: [App Note 148]

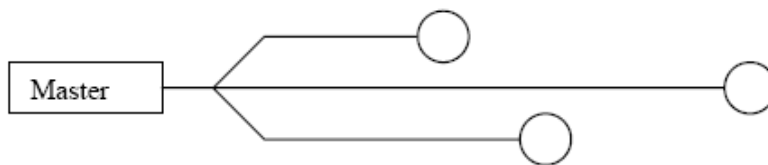


Abbildung 3: Stern Topologie, Quelle: [App Note 148]

Es ist natürlich auch möglich verschiedene Topologien untereinander zu mischen, allerdings wird es dadurch schwieriger ein zuverlässiges Netzwerk zu dimensionieren. Da viele Aspekte bei der Konstruktion eines zuverlässigen 1-Wire Netzwerkes zu berücksichtigen sind, wird der Aufbau eines solchen hier nicht näher erläutert. Mehr dazu findet man in der Application Note 148 ([App Note 148]).

3 Kommunikation im Netzwerk

Um vorweg Verwirrung über die verschiedenen Übertragungsraten und damit verbundene Zeitschlitzte zu vermeiden, eine kurze Erklärung hierzu. Es gibt zwei verschiedene Geschwindigkeitsmoden. Die Normale Geschwindigkeit, bei dieser liegt ein Zeitschlitz zwischen $60\mu s$ und $120\mu s$, und den sogenannten Overdrive Modus, bei dem liegt ein Zeitschlitz zwischen 6 und $16\mu s$. Im Normalfall arbeitet ein 1-Wire Gerät im Normalmodus. Zur Verwendung des schnelleren Modus muss das Gerät dafür konfiguriert werden. Wie dies zu erfolgen hat ist dem entsprechenden Datenblatt zu entnehmen.

Daten in einem 1-Wire Netzwerk werden mittels Zeitschlitzten übertragen. Diese sind je nach Übertragungsgeschwindigkeit verschieden lang. Zum Beispiel bei einer Länge der Zeitschlitzte von $120\mu s$ wird zur Übermittlung einer logischen Eins an einen Slave der Bus vom Master für maximal $15\mu s$ auf „low“ gesetzt. Der Rest des Zeitschlitzes wird die Leitung auf „high“ gesetzt. Solch eine Übermittlung ist in Abbildung 4 auf Seite 7 dargestellt.

Um eine logische Null zu übermitteln setzt der Master den Bus für mindestens $60\mu s$ auf „low“. Dies ist in Abbildung 5 auf Seite 7 dargestellt. Am Ende jedes übertragenen Bits benötigt der Slave eine gewisse Zeit sich auf den Empfang des nächsten Bits vorzubereiten (ca. $1\mu s$).

Das 1-Wire Netzwerk Protokoll verwendet dabei normale TTL- Pegel, d.h. bis 0.8 Volt wird als „low“ gewertet und ab 2.2 Volt als „high“. Um einen

möglichst fehlerfrei Kommunikation zu ermöglichen tastet der Slave die Datenleitung ca. in der Mitte des Zeitschlitzes ab (siehe Abbildung 4 und 5).

Die oben erwähnten Schreibvorgänge dienen nur zur Übertragung der Daten vom Master zum Slave. Die Kommunikation in die andere Richtung (vom Slave zum Master) erfolgt folgendermaßen. Der Master generiert Schreibzeitschlitz für den Slave. Diese haben die selbe Form wie der Zeitschlitz um eine logische Eins vom Master zum Slave zu schicken. Will der Slave eine logische Eins übertragen, lässt er den Zeitschlitz unverändert. Um eine logische Null zu übermitteln zieht der Slave die Leitung auf „low“ für die Zeit t_{rdv} . In Abbildung 6 auf Seite 8 ist dieser Vorgang dargestellt.

Ein Systemtakt wird dabei nicht benötigt, da alle 1-Wire Bauteile über einen internen Oszillator selbst getaktet sind und dieser mit der fallenden Flanke vom Master (Reset siehe Kapitel 3.1) synchronisiert werden.

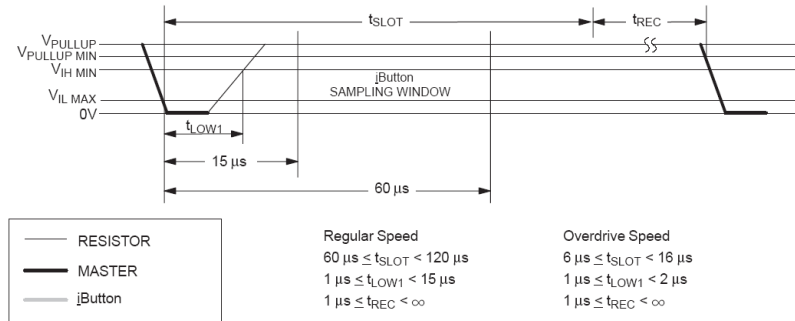


Abbildung 4: Zeitlicher Verlauf des Schreibvorgang einer logischen Eins vom Master zum Slave, Quelle: [iButton Standards]

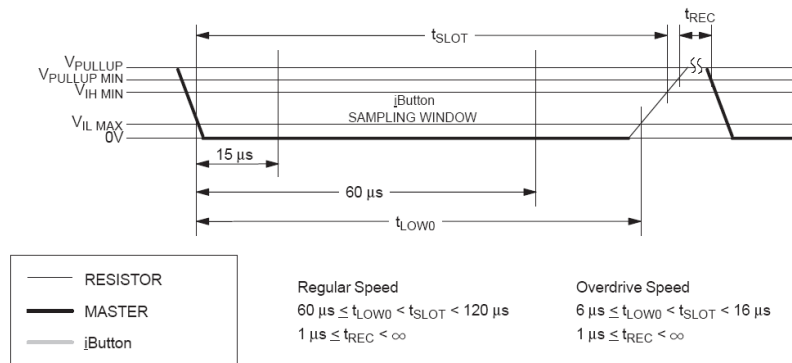


Abbildung 5: Zeitlicher Verlauf des Schreibvorganges einer logischen Null vom Master zum Slave, Quelle: [iButton Standards]

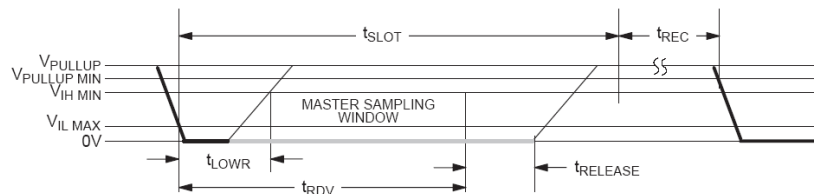


Abbildung 6: Zeitlicher Verlauf des Lesevorganges des Masters, Quelle: [iButton Standards]

3.1 Kommunikationsablauf / Protokoll

Da nun geklärt ist, wie die Daten zwischen Master und Slave ausgetauscht werden muss noch eine Protokoll festgelegt werden, um eine Kommunikation zu ermöglichen.

Um nun die Kommunikation zu starten wird vom Master ein Reset durchgeführt. Dies geschieht indem er den Bus für mindestens acht Zeitschlitze oder maximal $470\mu s$ auf „low“ setzt und danach wieder auf „high“. Die selbe Zeit wartet der Master. Innerhalb dieser Zeit antworten alle angeschlossenen Slaves indem sie die Leitung für mindestens $60\mu s$ auf „low“ setzen. Dieser Impuls wird auch als Anwesenheitsimpuls eines Slaves bezeichnet. Abbildung 7 auf Seite 8 stellt eine solche Vorgang dar.

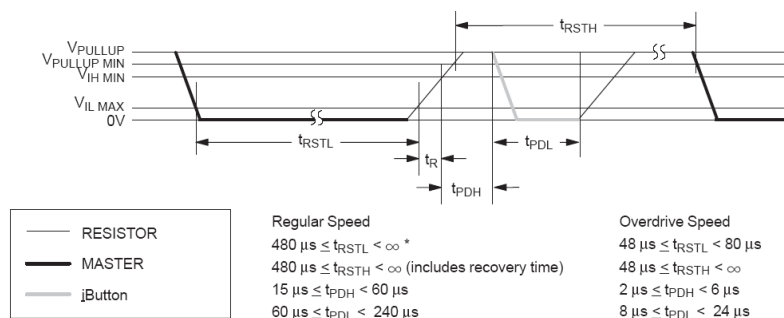


Abbildung 7: Zeitlicher Verlauf des Resetvorganges und des Anwesenheitsimpulses, Quelle: [iButton Standards]

Wird nun ein solcher Impuls vom Master empfangen, kann er über die eindeutige digitale Adresse jedes Slaves auf ihn zugreifen. Dies geschieht indem er zuerst den entsprechenden 8 Bit langen Kommandocode und anschließend die digitale Adresse des Slaves sendet. Nach dem er einen Slave für die Kommunikation ausgewählt hat, ist nur mehr dieser aktiv. Alle anderen Slaves werden deaktiviert, bis zum nächsten Resetimpuls des Masters. Über geräteabhängige 8 Bit lange Kommandos kann der Master nun auf die Daten bzw. Funktionen des 1-Wire Gerätes zugreifen und entsprechende Daten zwischen ihm und dem Slave austauschen. Abbildung 8 auf Seite 9 zeigt eine typische Kommunikationssequenz in einem 1-Wire Netzwerk.

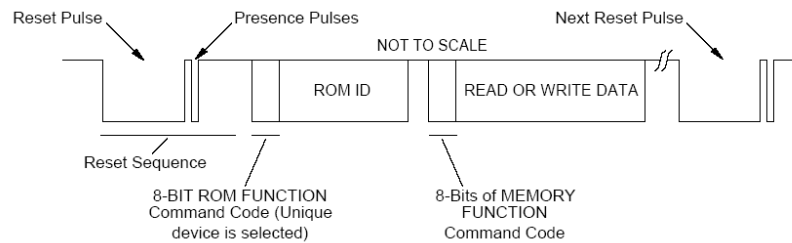


Abbildung 8: Typische Kommunikationssequenz in einem 1-Wire Netzwerk, Quelle: [Tech Brief 1]

4 Eigenschaften eines 1-Wire Netzwerks

Um ein 1-Wire Netzwerk aufzubauen müssen zuerst die Eigenschaften des Netzwerkes, und den Komponenten aus denen es aufgebaut ist, näher betrachtet werden. Diese Eigenschaften und auch damit verbundene mögliche Probleme sind hier aufgelistet und näher erläutert. Es werden auch Lösungsansätze für diese Probleme vorgestellt.

4.1 Länge des Netzwerkes, Anzahl der 1-Wire Geräte

Die wichtigsten Kriterien eines Netzwerkes sind sicherlich die maximale Länge des Netzwerkes, die mögliche Anzahl der angeschlossenen Geräte und die Übertragungsgeschwindigkeit. Diese drei Eigenschaften werden hier nicht grundlos in einem Atemzug genannt, da zwischen ihnen bei 1-Wire Netzen ein enger Zusammenhang besteht. Leider kann aus diesem Grund auch keine allgemeine Aussage über diese drei Dinge gemacht werden. Ein kurzes Beispiel zur Erläuterung: Die Länge und Anzahl der angeschlossenen Geräte steigern die Gesamtkapazität des Netzwerkes. Je größer diese ist, desto kleiner muss die Übertragungsgeschwindigkeit gewählt werden um eine problemlose Kommunikation zu ermöglichen. Leider sind dies nicht alle Faktoren die dabei eine Rolle spielen, auch die Eigenschaften des Masters (z.B. die Slew Rate) sind zu berücksichtigen. Eine genauere Erklärung warum sich das Netzwerk so verhält und einige Beispielberechnungen, die Grenzwerte berechnen, sind im Kapitel 4.7 angeführt.

4.2 Übertragungsgeschwindigkeit

Wie in Kapitel 3 schon erwähnt, gibt es zwei verschiedenen Übertragungsmodi. Die genaue Übertragungsrate hängt von den gewählten Modus und der Länge der Zeitschlitz ab. Um einen Grenzwert zu erhalten wird der kleinste Zeitschlitz von $6\mu s$ herangezogen. Damit ergibt sich eine maximale Übertragungsrate von 20.8 kByte pro Sekunde.

4.3 Verwendung als Diskette

Eine Besonderheit der 1-Wire Technologie ist, dass alle 1-Wire Geräte auch einen Speicher enthalten, der wie ein Diskettenlaufwerk angesprochen werden kann.

Dies dient vor allem zur Speicherung von Zusatzdaten wie Verwendungszweck, ...

4.4 Adresse der 1-Wire Geräte

Wie schon erwähnt hat jedes 1-Wire Gerät eine weltweit eindeutige Identifikationsnummer (ID). Bei dieser ID handelt es sich um eine 64 Bit lange Zahl, die bei der Herstellung in ein ROM geschrieben wird. Über diese ID wird das Gerät auch im Netzwerk identifiziert, daher kann man sie auch als Adresse des Gerätes bezeichnen. Die acht Bytes (64 Bit) der ID werden in drei Bereiche unterteilt und setzen sich wie folgt zusammen: Angefangen beim niederwertigsten Byte wird im ersten Byte der acht Bit lange „Family Code“ gespeichert, der den Gerätetyp spezifiziert. Die nächsten sechs Bytes enthalten eine 48 Bit lange individuelle Adresse. Das achte und höchstwertigste Byte enthält eine Checksumme der ersten sieben Bytes. Mit den für einen Gerätetyp 2^{48} möglichen Adressen sollte genug verschiedene Adressen zur Verfügung stehen.

4.5 Spannungsversorgung der Slaves

Eine Besonderheit des 1-Wire Systems ist, dass die meisten angeschlossenen Geräte keine extra Spannungsversorgung benötigen. Diese wird über die Anschlussleitung und den Master realisiert.

Um diesen Mechanismus zu erklären ist in Abbildung 9 der schematische Aufbau der Ein- / Ausgabeelement eines 1-Wire Gerätes dargestellt. Die Leitungen Data und Return sind die Anschlussleitungen vom Master (Return stellt dabei die Masseleitung dar). Befindet sich nun die Datenleitung auf „high“ (5 Volt) schaltet die Diode durch und lädt den internen 800pF Kondensator. Sinkt die Spannung an der Datenleitung unter die Spannung des Kondensators sperrt die Diode und die Energie des Kondensators bleibt zur Versorgung des Gerätes erhalten. Dadurch wird erreicht, dass auch während der Zeitperiode in der die Datenleitung auf „low“ (0 Volt) ist, eine Spannungsversorgung des Gerätes möglich ist. Dieses Konzept des „Stehlen’s“ der Energie von der Datenleitung wird auch als „parasite power“ bezeichnet.

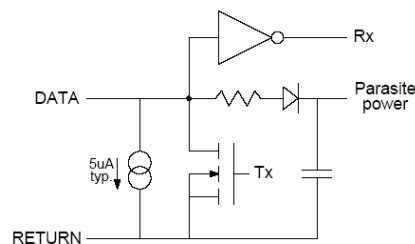


Abbildung 9: Ein- / Ausgabeelement eines 1-Wire Gerätes, Quelle: [Tech Brief 1]

4.6 Terminierung des Netzwerkes und Slew Rate des Masters

In einem typischen 1-Wire System welches über einen COM Port eines PC's angesteuert wird, erfolgt die Kommunikation in Zeitschlitzten von $8.68\mu s$ gesteuert über den UART. Ein Kommunikationszyklus beginnt mit einem Reset des Masters. Dies geschieht durch einen Transistor, welcher die Leitung auf „low“ zieht. Diese Flanke von „high“ auf „low“ dient allen Slaves als Synchronisationsflanke. Da im Normalfall in einem 1-Wire Netzwerk mehrere Geräte installiert sind, erhalten diese den Synchronisationsimpuls (durch Signallaufzeiten) zu leicht unterschiedlichen Zeitpunkten.

Um die Funktion zu gewährleisten muss ein Signal ans Ende des Netzwerkes (der Leitung) und wieder zurück geschickt werden können. Dadurch entsteht die Einschränkung, dass die elektrische Länge des Netzwerkes kleiner als die Hälfte eines Zeitschlitzes zur Übertragung eines Datenbits sein muss. Für den Fall eines COM Port Adapters bei dem die Zeitschlitzte $8.68\mu s$ sind würde das eine Ausbreitungszeit von $4.34\mu s$ bedeuten. Alle Geräte die hinter dieser Grenze liegen, werden vom Master nicht mehr wahrgenommen.

Bei einem COM Port Adapter geschieht das umschalten von „high“ auf „low“ im Sub-Mikrosekundenbereich. Falls das Umschalten länger braucht als das übertragene Signal ans Ende des Netzwerkes und wieder zurück, können die Reflektionen am Ende der Leitung die Kommunikation stören. Normalerweise würde man solche Störungen verhindern, indem man das Ende der Leitung mit einem entsprechenden Widerstand terminiert. Dieser Widerstand würde die überschüssige Energie in Wärme umsetzen und so Reflektionen am Ende der Leitung verhindern.

Leider ist es im Fall der 1-Wire Technologie nicht möglich mit einem einfachen ohmschen Widerstandes diese Terminierung durchzuführen. Dies hat mehrere Gründe, aber auf Grund der Komplexität dieser, wird auf eine nähere Erklärung verzichtet. Da es also nicht möglich ist das Ende des Netzwerkes zu terminieren, muss eine andere Lösung gefunden werden. Die Alternative ist die Slew Rate des „pull down“ Transistors am Master zu kontrollieren. Die geforderte Slew Rate ist natürlich wieder von der Länge des Netzwerkes abhängig und liegt bei Netzwerken mit 100 Meter (und mehr) bei 1.1 Volt pro Mikrosekunde. Dies heißt wiederum, dass einen umschalten von „high“ auf „low“ in ca. $4\mu s$ geschieht (das umschalten des Pegels geschieht bei 0.8 Volt).

Abbildung 10 auf Seite 12 zeigt ein Schaltung zur Kontrolle der Slew Rate. Beim Transistor handelt es sich dabei um einen normalen n-kanal FET. Die Transistoreigenschaften spielen dabei eine nicht all zu große Rolle, es ist daher auch möglich einen bipolar Transistor einzusetzen (mit einer Modifikation der anderen Bauteilwerte).

4.7 „Pull-up“ Widerstand des Masters

Wenn Master und Slave die Leitung freigeben zieht der „Pull-up“ Widerstand die Leitung wieder auf die Betriebsspannung (auf „high“). Durch die Länge des Netzwerkes und der Anzahl der 1-Wire Geräte werden die kapazitiven Eigenschaften des Netzwerkes festgelegt, d.h. je größer diese Kapazität wird, desto länger dauern die Umladevorgänge und desto länger dauert es bis die Leitung wieder auf „high“ ist. Abbildung 12 auf Seite 13 zeigt diesen Effekt, bei einer

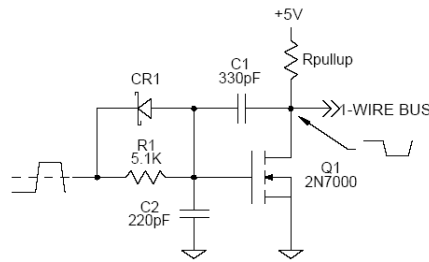


Abbildung 10: Schaltung zur Kontrolle der Slew Rate des Masters, Quelle: [Tech Brief 1]

fixen Länge von 100 Meter und einer steigenden Anzahl von Slaves (von 1 bis 300). Aus der Gesamtkapazität (Leitung-, Geräte- und Streukapazitäten) und dem „Pull-up“ Widerstand des Masters entsteht eine Zeitkonstante τ . Steigt dieser Wert über den definierten Wert der Zeitschlitzes der Kommunikation an, kommt es zu Störungen und sogar zum Ausfall der Kommunikation im Netzwerk. In Abbildung 11 auf Seite 13 ist das elektrische Ersatzschaltbild eines 1-Wire Netzwerkes dargestellt. Hier sieht man, dass man die Kapazität der „parasite power“ Spannungsversorgung (800 pF) eigentlich in die Berechnung der Zeitkonstante mit einfließen lassen müsste. Dies ist allerdings nicht der Fall, weil sich diese Kapazität erst bemerkbar macht, wenn sich die Leitung schon im „high“ Zustand befindet.

Geht man nun davon aus, dass die Zeitschlitzes $13.02\mu s$ lang sind (die ursprüngliche vorgesehene Länge der Zeitschlitzes) und die Spannung einen Wert von 2.2 Volt erreichen muss um als „high“ zu gelten kann folgende Zeitkonstante berechnet werden.

$$\tau = 13.02\mu s / \ln(V_s / (V_s - 2.2V)) = 22.4\mu s$$

Bei V_s handelt es sich um die Versorgungsspannung die 5 Volt beträgt. Die Übertragungsrate bei der Verwendung eines Zeitschlitzes von $13.02\mu s$ beträgt dabei 9600 Bytes pro Sekunde.

Mit einem „Pull-up“ Widerstand des Masters von $1.5k\Omega$ und dem errechneten Wert der Zeitkonstante von $22.4\mu s$ darf die Gesamtkapazität des Netzwerkes maximal 12 nF betragen.

$$\tau = R * C \Rightarrow C = \tau / R$$

Bei der Verwendung eines Kabels mit dem typischen Wert von 50 pF ergibt sich damit eine maximale Länge des Netzwerkes von 240 Meter. Dies ist allerdings nur in diesem Fall der maximale Wert der Länge des Netzwerkes. Würde man zum Beispiel ein anderes Kabel verwenden oder auch den Pullup Widerstand des Masters modifizieren, verändern sich die Eigenschaften dementsprechend. Die maximale Anzahl der angeschlossenen Geräte berechnet ist abhängig vom „Pull-up“ Widerstand des Masters ($1.5k\Omega$), der Versorgungsspannung (5 Volt), dem Spannungspegel ab dem sich die „parasite power“ Kapazität auswirkt (2.8 Volt) und dem maximalen Eingangsstrom der 1-Wire Geräte ($15\mu A$).

$$Fanout_{max} = (5V - 2.8V)/1.5k\Omega = 1.47mA/15\mu A = 98Geräte$$

Man kann so errechnen, welchen maximalen Strom der Master über den „Pull-up“ Widerstand liefern kann und dividiert diesen durch den maximalen Eingangsstrom der 1-Wire Geräte und erhält so die maximale Anzahl der anschließbaren Geräte.

Man sieht, dass die Eigenschaften eines 1-Wire Netzwerkes von vielen Faktoren abhängen sind. Ein wichtiger Faktor ist der „Pull-up“ Widerstand des Masters. Dieser sollte den oben angegebenen Wert von $1.5k\Omega$ nicht unterschreiten, da sonst das Netzwerk sehr störanfällig werden würde. Man kann jedoch anstatt eines einfachen ohmschen Widerstandes einen aktiven „Pull-up“ Widerstand verwenden. Durch die Verwendung eines solchen, wird die Zeitkonstante wesentlich verbessert und das Umschalten von „low“ auf „high“ beschleunigt. Dadurch werden natürlich auch die anderen Netzwerkeigenschaften verbessert. Dies bedeutet allerdings einen Mehraufwand beim Master.

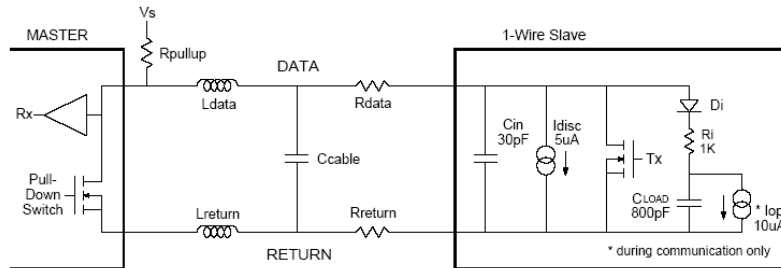


Abbildung 11: Elektrisches Ersatzschaltbild eines 1-Wire Netzwerkes, Quelle: [Tech Brief 1]

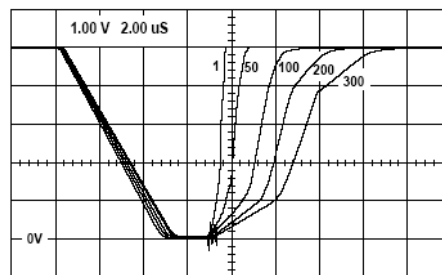


Abbildung 12: Spannungsverlauf beim Umschaltvorgang von „low“ auf „high“ mit einer unterschiedlichen Anzahl von Slaves, Quelle: [Tech Brief 1]

4.8 Das Kabel

Das 1-Wire Netzwerk kann zwar mit einem einzigen Leitungspaar aufgebaut werden, aber die Eigenschaften dieses Paares sind für den störungsfreien Betrieb

nicht unwesentlich. Es sollte ein Kabel der Kategorie 5 eingesetzt werden. In einem solchen Kabel sind meist mehrere Leitungspaare vorhanden. Diese sollten wenn möglich nicht angeschlossen werden (auch nicht geerdet). Auf jeden Fall darf kein zweites 1-Wire Netzwerk durch das selbe Kabel (an einem anderen Leitungspaar) betrieben werden. Dies führt mit ziemlicher Sicherheit zu einer Funktionsstörung in beiden Netzwerken.

5 Vor- und Nachteile von 1-Wire Netzwerken

Einer der größten Vorteile eines 1-Wire Netzwerkes ist die sehr einfache Verdrahtung. Durch die Verwendung von nur zwei Leitungen (Datenleitung und Masseleitung) können die angeschlossenen Geräte eine sehr robuste Bauform erhalten, da nur zwei Anschlüsse nötig sind. Eine aus diesem Vorteil entwickelte Anwendungsmöglichkeit sind die iButtons (homepage: www.ibutton.com²) die in Kapitel 7 näher beschrieben werden. Durch die einfache Verdrahtung ist es relativ leicht möglich ein neues Netzwerk aufzubauen oder es auch in ein schon bestehendes Netzwerk bzw. Kabelsystem zu integrieren. Daher ist der Preis für die Verdrahtung eines solchen Netzwerkes relativ gering.

Mit den geeigneten Bausteinen bzw. Software ist es auch möglich ein 1-Wire Netzwerk mit einem anderen zu verbinden. Abbildung 13 auf Seite 14 zeigt ein solches Schema.

Ein Schwachpunkt der 1-Wire Technologie ist die Übertragungsrate. Diese kann mit 20.8 kByte pro Sekunde mit heutigen schnellen Netzwerken sicher nicht mithalten. Ob eine höhere Übertragungsrate allerdings wirklich nötig ist, sei hier in Frage gestellt.

Da alle 1-Wire Geräte eine weltweit eindeutige Adresse haben ist es nicht möglich ein 1-Wire Gerät vollständig selbst zu entwickeln und zu bauen. Es wird dazu immer ein Schnittstellenbaustein der Erzeugerfirma benötigt, welcher die digitale Adresse enthält. Andererseits ist mit diesem Baustein schon die Schnittstelle zum 1-Wire Netzwerk gegeben.

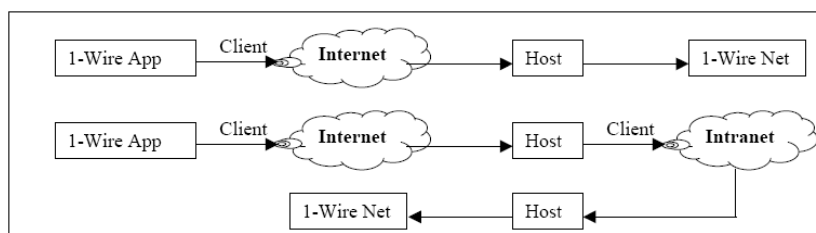


Abbildung 13: Schematische Darstellung der Verbindung verschiedener Netzwerke, Quelle: [App Note 193]

²<http://www.ibutton.com>

6 Vergleich 1-Wire Netzwerke mit anderen Netzwerken

Die Vor- und Nachteile eines 1-Wire Netzwerkes wurden in Kapitel 5 schon angeführt. Da es bei einem Netzwerk sehr auf den Verwendungszweck ankommt, ist ein direkter Vergleich mit anderen Netzwerken nicht wirklich sinnvoll. Um trotzdem einen Überblick zu bekommen, wird das „Open System Interconnection“ (OSI) Modell herangezogen und die einzelnen Schichten davon betrachtet und in Relation zu einem 1-Wire Netzwerk gestellt. Das OSI Modell besteht aus sieben Schichten. Diese wären der „Physical“, „Link“, „Network“, „Transport“, „Session“, „Presentation“ und der „Application“ Layer. Diese Schichten werden nun in einem 1-Wire Netzwerk betrachtet. Abbildung 14 auf Seite 15 zeigt hierzu die im 1-Wire Netzwerk vorhandenen Schichten.

PRESENTATION
TRANSPORT
NETWORK
LINK
PHYSICAL

Abbildung 14: Im 1-Wire Netzwerk enthaltene Schichten des OSI Modells, Quelle: [iButton Standards]

„Physical Layer“: In dieser Schicht sind die elektrischen Charakteristiken, wie Spannungspegel und Zeitintervalle (Zeitschlitze definiert).

„Link Layer“: Hier werden die grundlegenden Kommunikationsfunktionen definiert. Dazu zählen zum Beispiel die Funktionsweise des Resets und der Antwortimpulse der Slaves.

„Network Layer“: Hier sind die Identifikation der einzelnen 1-Wire Geräte und die damit verbundenen Netzwerkmöglichkeiten angesiedelt. Die 1-Wire Geräte werden anhand ihrer weltweit eindeutigen Adresse identifiziert. Dadurch ist die Adressierung in einem Netzwerk geklärt. Über den „Network Layer“ ist der Zugriff auf das ROM, den jedes 1-Wire Gerät hat, möglich.

„Transport Layer“: Hier ist es Möglich auf den Speicher und Funktionen der 1-Wire Geräte zuzugreifen. Da manche Geräte keine zusätzlichen Funktionen oder Speicher haben, gibt es bei ihnen keinen „Transport Layer“. Da die Geräte teilweise eine unterschiedliche Struktur bei ihren speziellen Funktionen haben ist diese Schicht nicht für alle 1-Wire Geräte gleich.

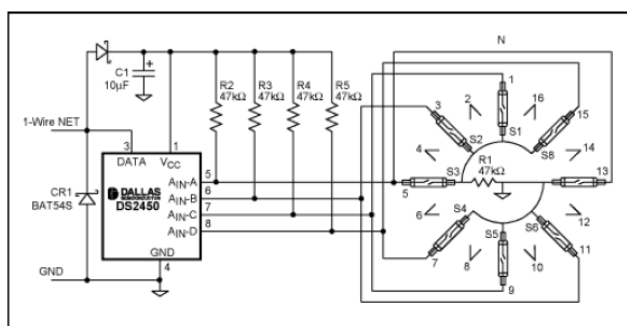
„Session Layer“: Dieser ist im Normalfall nicht vorhanden.

„**Application Layer**“: stellt das fertige Programm des Anwenders dar, in diesem Fall gehört dies nicht zur 1-Wire Struktur.

Da verschiedenste 1-Wire Geräte an ein Netzwerk angeschlossen werden können werden im folgenden einige dieser Geräte kurz vorgestellt. Es sei darauf hingewiesen, dass es sich dabei um keine vollständige Auflistung aller 1-Wire Geräte handelt, sondern nur um einen kleinen Auszug.

Ein Anwendungsgebiet ist die Messung verschiedener physikalischer Größen. Die Verwendung solcher digitalen Messinstrumente bringt den Vorteil, dass diese ohne zusätzlichen Aufwand in ein Netzwerk eingebunden werden können. Es ist damit eine einheitliche Schnittstelle vorhanden und die Messdaten stehen zur weiteren Verarbeitung digital zur Verfügung. Die Instrumente bestehen aus einem Sensor und einem Baustein zur Kommunikation und Speicherung. Der Aufbau solcher Instrumente wird an zwei Beispielen gezeigt. Auf eine genaue Funktionsbeschreibung wird allerdings verzichtet. Diese kann den entsprechenden Datenblättern entnommen werden.

Luftdruckmesser Abbildung 16 zeigt den Aufbau eines Luftdruckmessers für ein 1-Wire Netzwerk.



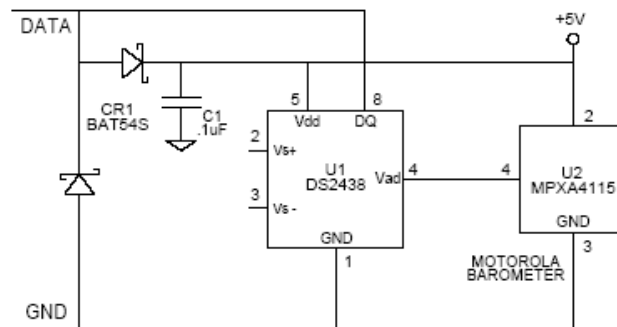


Abbildung 16: Luftdruckmessgerät, Quelle: [Tech Brief 1]

7.2 iButton

Ein iButton ist ein Computerchip der in einem münzförmigen Stahlgehäuse verpackt ist, welches einen Durchmesser von 16 mm und eine Dicke von 5.8 mm hat. Das zweigeteilte Stahlgehäuse dient sowohl als Schutz vor mechanischer Beschädigung, als auch als Anschluss. Es gibt viele verschiedene Anwendungstypen der iButtons, welche verschiedenste Aufgaben erfüllen. Hier ein Auszug aus den Anwendungsbereichen und eine kurze Funktionsbeschreibung.

Memory iButton: auf ihm können Daten gespeichert und wieder gelesen werden.

Temperatur iButton: misst Temperaturwerte, muss aber für die Energieversorgung an ein 1-Wire Netzwerk angeschlossen werden.

Thermocron iButton: kann unabhängig von einer externen Versorgung Temperaturwerte in einem vorgegebenen Intervall messen und speichern. Nach dem Anschluss an ein 1-Wire Netzwerk können diese gespeicherten Daten ausgelesen und die Einstellungen für eine neue Messung übertragen werden. Für den Betrieb unabhängig vom Netzwerk ist in diesen iButtons eine Batterie eingebaut, die laut Hersteller bis zu 10 Jahren hält.

Java Powered iButton: auf ihm kann man Javaprogramme (in einem gewissen Umfang) betrieben werden.

Der Preis für einen iButton reicht von 2.23 US Dollar für sehr einfache Anwendungen bis zu 53 US Dollar bei den Thermocron iButtons mit besonders viel Speicher. Dabei handelt es sich um Einzelstückpreise. Bei einer entsprechend größeren Bestellung sinkt der Preis etwas. Die genauen und aktuellen Preise können auf www.ibutton.com³ nachgelesen werden.

8 Ausblick

Die weitere Entwicklung von 1-Wire Netzwerken ist wahrscheinlich auf die Weiterentwicklung der 1-Wire Geräte beschränkt, da die 1-Wire Netzwerktechno-

³<http://www.ibutton.com>

logie gut funktioniert und für die im Moment zu übertragene Datenmenge ausreichend schnell ist. Das Hauptanwendungsgebiet, bei den 1-Wire Geräten ist, im Moment sicherlich die Anwendung mit iButtons. Dabei kommen zum Großteil nur sehr einfache Netzwerke mit nur einem Slave und einer kurzen Anschlussleitung zum Einsatz. Die Weiterentwicklung der verschiedenen iButtons geht stetig voran. Sie erhalten größere Datenspeicher und auch iButtons für neue Anwendungsgebiete werden entwickelt.

9 Zusammenfassung

Bei 1-Wire Netzwerken handelt es sich um ein sehr einfaches Bus basierendes Netzwerk. Es kann mit relativ wenig Aufwand aufgebaut und betrieben werden. Allerdings sind bei komplizierteren Netzwerken einige Dinge, wie z.B. Slew Rate des Masters, zu berücksichtigen. Die Verwendung eines 1-Wire Netzwerkes ist auf die verfügbaren 1-Wire Geräte beschränkt. Dadurch entsteht eine nicht unbedeutende Abhängigkeit zum Hersteller der diese 1-Wire Geräte bzw. die Interface zu einem 1-Wire Netzwerk herstellt.

Literaturverzeichnis

- [Tech Brief 1] *Tech Brief 1: 1-Wire Net Design Guide*; <http://pdfserv.maxim-ic.com/en/an/tb1.pdf>
- [Overview 1-Wire] *Overview of 1-Wire Technology and Its Use*; <http://pdfserv.maxim-ic.com/en/an/AN1796.pdf>
- [iButton Standards] *Book of iButton Standards*; <http://pdfserv.maxim-ic.com/en/an/appibstd.pdf>
- [Tanenbaum 1996] Andrew S. Tanenbaum: *Computer Networks*, 3rd Edition, Prentice Hall (1996).
- [System Monitoring 1998] Rick Downs *Using 1-Wire I/O for Distributed System Monitoring*; IEEE 1998
- [App Note 74] *Application Note 74: Reading and Writing iButtons via Serial Interfaces*; <http://pdfserv.maxim-ic.com/en/an/app74.pdf>
- [App Note 126] *Application Note 126: 1-Wire Communication Through Software*; <http://pdfserv.maxim-ic.com/en/an/app126.pdf>
- [App Note 148] *Application Note 148: Guidelines for Reliable 1-Wire Networks*; <http://pdfserv.maxim-ic.com/en/an/app148.pdf>
- [App Note 159] *Application Note 159: Ultra-Reliable 1-Wire Communications*; <http://pdfserv.maxim-ic.com/en/an/app159.pdf>
- [App Note 193] *Application Note 193: Extending 1-Wire Range with Network Proxies*; <http://pdfserv.maxim-ic.com/en/an/app193.pdf>
- [App Note 214] *Application Note 214: Using a UART to Implement a 1-Wire Bus Master*; <http://pdfserv.maxim-ic.com/en/an/app214.pdf>
- [App Note 2420] *Application Note 2420: 1-Wire Communication with a Microchip PICmicro Microcontroller*; <http://pdfserv.maxim-ic.com/en/an/app2420.pdf>