

- [ElektronikQuest](#)
- [Elektronik-Tipps](#)
- [Elektronik-Magazin](#)
- [Elektronik-Guide](#)
- [DSE-FAQ](#)

Elektronik Kompendium

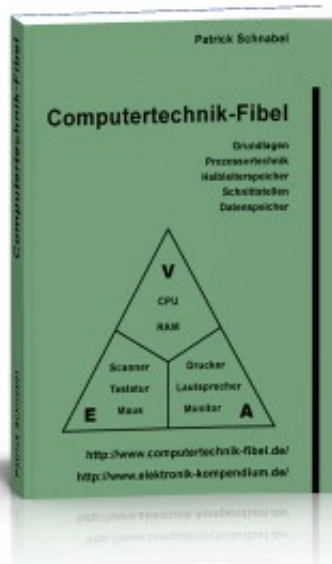
- [Abonniere unseren Newsletter](#)
- [Folge uns auf Twitter](#)
- [Abonniere unseren RSS-Feed](#)

- [Startseite](#)
- [Themen](#)
- [News](#)
- [Forum](#)
- [Online-Shop](#)

- [Elektronik Grundlagen](#)
- [Bauelemente](#)
- [Schaltungstechnik](#)
- [Elektronik Minikurse](#)
- [Digitaltechnik](#)
- [Computertechnik](#)
- [Kommunikationstechnik](#)
- [Netzwerktechnik](#)
- [Sicherheitstechnik](#)
- [Raspberry Pi](#)

Das Buch zu dieser Webseite

Computertechnik-Fibel

**Kundenmeinung:**

Die Computertechnik-Fibel ist wirklich verständlich geschrieben, frei von Ballast und ein tolles Nachschlagewerk. Insgesamt ein sehr empfehlenswertes Buch.


Computertechnik-Fibel
jetzt bestellen!

oder

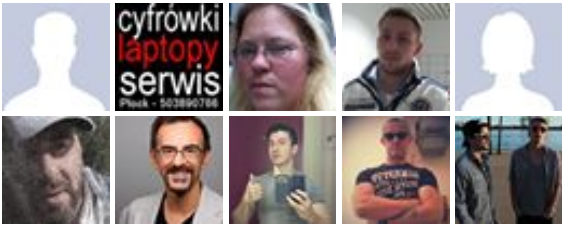


oder





Elektronik-Kompodium
 Like


16,331 people like [Elektronik-Kompodium](#).



Facebook social plugin

Elektronik-Kompodium

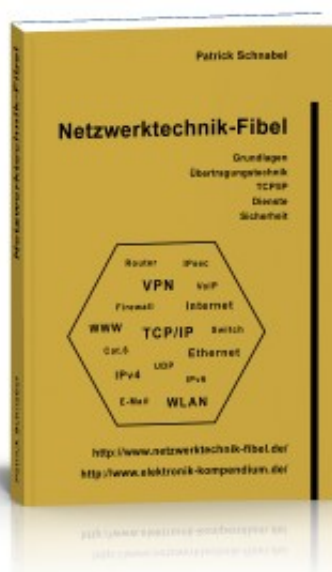

Folgen


+1

+ 1.043

Das Buch zu dieser Webseite

Netzwerktechnik-Fibel



**Kundenmeinung:**

Die Netzwerktechnik-Fibel ist sehr informativ und verständlich. Genau das habe ich schon seit langem gesucht.

Netzwerktechnik-Fibel
jetzt bestellen!

oder



oder



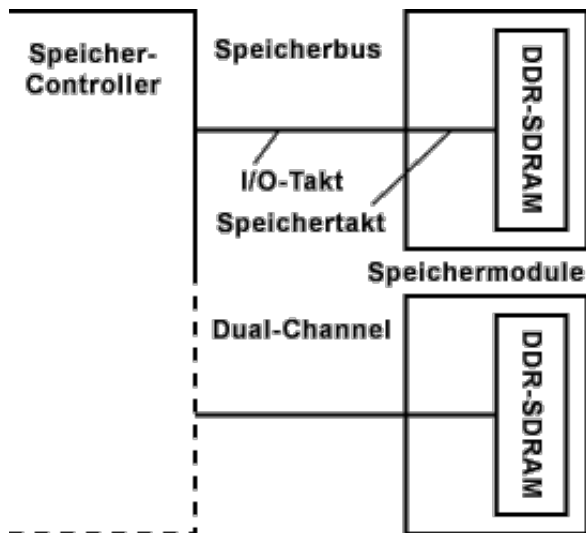
DDR-SDRAM (DDR1 / DDR2 / DDR3 / DDR4)

DDR-SDRAM entspricht dem normalen SDRAM, jedoch mit einer kleinen Modifikation: Bei der Übertragung der Daten wird nicht nur die ansteigende Flanke, sondern auch die abfallende Flanke des Taktsignals genutzt. In der Praxis entspricht das einer Taktverdopplung. Rein rechnerisch entsteht so eine Verdopplung der Übertragungsrate.

Um eine Verwechslung mit DDR-SDRAM (Double Data Rate) zu vermeiden, wird normales SDRAM als SDR-SDRAM (Single Data Rate) bezeichnet. Fälschlicherweise wird "DDR-SDRAM" auch als "DDR-RAM" oder "DDR-DRAM" bezeichnet. Um Verwechslungen und Missverständnisse zu vermeiden, sollte man die einzig richtige Bezeichnung "DDR-SDRAM" verwenden.

DDR-SDRAM ist die gängigste Speichertechnik. Sie wird nicht nur in Computern, sondern auch in Kraftfahrzeugen, Netzwerken, Kommunikationstechnik, medizinischen Apparaten und in der Unterhaltungselektronik eingesetzt.

Vom Mythos der Verdopplung der Übertragungsrate



Pro Übertragungszyklus werden theoretisch zweimal Daten übertragen. Einmal bei der steigenden und einmal bei der fallenden Taktflanke. Doch Vorsicht, man unterscheidet zwischen internem Speicher-Takt und externem Bus-Takt! Das bedeutet, wenn der Bustakt mit 100 MHz arbeitet und durch DDR rechnerisch mit 200 MHz arbeitet, bedeutet das nicht, dass diese 200 MHz sich in der Praxis als Taktverdopplung auswirken. Denn intern arbeitet der Speicher nur mit 100 MHz. Auf die Speicherchips bezieht sich Double Data Rate (DDR) nicht.

Konkret bedeutet das, die Verdopplung der externen Datentransferrate erreicht man nur durch Prefetching innerhalb des Speichers. Dazu werden einfach zwei (DDR) oder mehr (DDR2, DDR3) Datenbits auf einmal ausgelesen. Die Zugriffsbeschleunigung durch Prefetching funktioniert aber nur dann, wenn der Speichercontroller hintereinander liegende Adressbereiche aus der gleichen Speicherfeldzeile anfordert oder wenn die angeforderten Daten auf unterschiedlichen Speicherbänken liegen. Das bedeutet, die Adresszugriffe müssen optimal auf die internen Speicherbänke verteilt werden, um die Taktverdopplung für eine Verdopplung der Übertragungsrate nutzen zu können.

DDR ist also erst mal nichts weiter als eine Verdopplung der Speicherbusgeschwindigkeit. Erst mit verschiedenen Tricks werden mehr Daten aus dem Speicher gelesen. Beim Prefetching erfolgt das Auslesen der Speicherzellen in Zweier (DDR-SDRAM)- oder Vierergruppen (DDR2-SDRAM).

Um die Speicherbandbreite zu erhöhen kann man die Daten auch gleich aus zwei Speichermodulen anfordern. Man bezeichnete das als Dual-Channel. Dual-Channel bezieht sich nicht auf das Speichermodul, sondern auf den Speicher-Controller. Manche Speicher-Controller können auch mehr als 2 Speichermodule gleichzeitig auslesen.

Bezeichnung

Mit DDR-SDRAM wurde eine neue Speicher-Bezeichnung eingeführt, um die Leistungsfähigkeit der Speichermodule leichter unterscheiden zu können. Die Bezeichnung wurde von der JEDEC offiziell festgelegt. Sie gibt nicht wie ursprünglich die Taktrate an (zum Beispiel PC66, PC100, PC133), sondern die Speicherbandbreite (zum Beispiel PC1600, PC2100). Doch Vorsicht, die Angabe ist nach oben gerundet. PC1600 steht für rund 1,6 GByte/s. Wobei DDR200-Speicherchips verwendet werden. Die physikalische Taktrate beträgt nur 100 MHz. Durch DDR beträgt die rechnerische Taktrate 200 MHz. PC2100 steht für eine Speicherbandbreite von rund 2,1 GByte/s. Wobei DDR266-Speicherchips verwendet werden. Die physikalische Taktrate beträgt 133 MHz. Durch DDR beträgt die rechnerische Taktrate 266 MHz.

Die genaue Erläuterung zur Bezeichnung von Speicherchips und Speichermodulen ist unter [PC/PC2/PC3-](#)

Spezifikation zu finden.

SDR-SDRAM und DDR-SDRAM im Vergleich

Speichermodule	Speicher-Typ	physikalische Taktfrequenz	genutzte Flanken	rechnerische Taktrate	Interface	Speicher-Bandbreite
PC66	SDR-SDRAM	66 MHz	1	66 MHz	64 Bit	0,50 GByte/s
PC100	SDR-SDRAM	100 MHz	1	100 MHz	64 Bit	0,75 GByte/s
PC133	SDR-SDRAM	133 MHz	1	133 MHz	64 Bit	0,99 GByte/s
PC150	SDR-SDRAM	150 MHz	1	150 MHz	64 Bit	1,12 GByte/s
PC166	SDR-SDRAM	166 MHz	1	166 MHz	64 Bit	1,24 GByte/s
PC1600 (PC200)	DDR-SDRAM	100 MHz	2	200 MHz (DDR200)	64 Bit	1,49 GByte/s
PC2100 (PC266)	DDR-SDRAM	133 MHz	2	266 MHz (DDR266)	64 Bit	1,98 GByte/s
PC2700 (PC333)	DDR-SDRAM	166 MHz	2	333 MHz (DDR333)	64 Bit	~ 2,7 GByte/s
PC3200	DDR-SDRAM	200 MHz	2	400 MHz (DDR400)	64 Bit	~ 3,2 GByte/s

DDR2-SDRAM - Double Data Rate 2 SDRAM

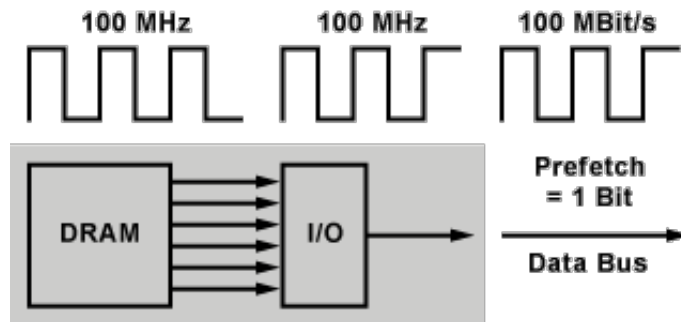
DDR2-SDRAM bietet verschiedene Vorteile gegenüber dem normalen DDR-SDRAM. DDR- und DDR2-Speichermodule (DIMM) arbeiten mit unterschiedlichen Spannungen und unterscheiden sich auch mechanisch voneinander.

DDR2-SDRAM wurde entwickelt, um den Energiebedarf zu reduzieren und die Signalqualität und damit die Systemstabilität zu verbessern. Beides wird durch die Senkung der Frequenz, beispielsweise von 200 MHz auf 100 MHz, und der Spannung, von 2,4 V auf 1,8 V, erreicht.

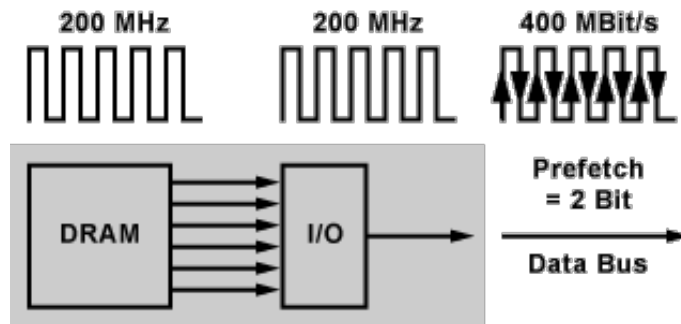
In der Regel haben DDR2-Speichermodule eine Betriebsspannung von 1,8 oder 1,9V. Liegt sie darüber eignen sich die Speichermodule zum Übertakten.

Die Senkung der Taktfrequenz wurde wegen der schlechten Signalqualität und dem zunehmenden Rauschen notwendig. Der Zeitraum, in dem ein Datensignal als 1 oder 0 erkannt werden kann, reduziert sich bei hoher Frequenz deutlich. Das Signal ist kürzer und deshalb die Erkennung anfälliger für Fehler. Eine weitere Maßnahme ist die Verkürzung der Leitungswege zum Speichercontroller. Zum Beispiel durch On-Die-Terminatoren (ODT). Die ODT-Technik verhindert Reflektionen auf den Signalleitungen und erhöht somit die Systemstabilität. Dabei werden die Abschlusswiderstände vom Speicher-Controller in den Speicherchip implementiert. Das verkürzt die Leitungswege und vermindert das Rauschen durch Reflektionen am Leitungsende.

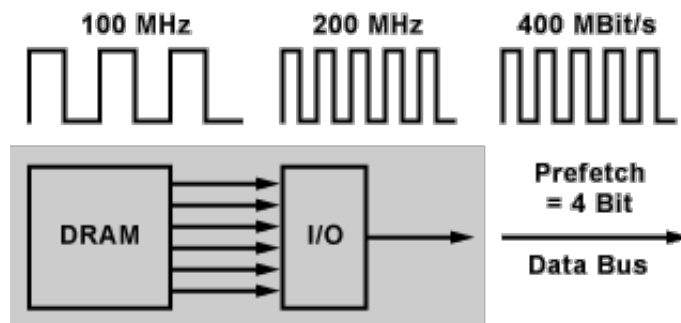
SDR-SDRAM (Beispiel: PC100)



DDR1-SDRAM (Beispiel: DDR1-400)



DDR2-SDRAM (Beispiel: DDR2-400)



DDR2 überträgt die Daten genauso wie DDR1 mit steigender und fallender Taktflanke. Die DDR2-Technik nennt sich QDR und überträgt vier Datenworte pro Takt. Durch ein 4-Bit-Prefetching liefert der interne Speicher vier, anstatt zwei Bit pro Taktschritt an ein Ein-/Ausgabe-Puffer. Somit bleibt die maximale Bandbreite von DDR400 und DDR2-400 mit 3,2 GBit/s gleich.

Zur Wiederholung: DDR400 arbeitet intern mit einer Taktfrequenz von 200 MHz, während DDR2-400 nur mit 100 MHz arbeitet. Der externe Speicherbus wird bei beiden Speichertypen mit 200 MHz getaktet. Bedeutet das, dass DDR2 gegenüber normalem DDR keinen Vorteil hat? Doch, hinsichtlich des Energieverbrauchs und der Systemstabilität schon. Im Lauf der Zeit wurde die interne Speichertaktrate von 100 auf bis zu 266 MHz gesteigert, um parallel dazu auch die Speicherbandbreite zu erhöhen. Neben DDR2-400 gibt es auch Speichermodule mit 533er, 667er, 800er und 1066er Speicherchips.

Speichermodul	Speicherchip	Spannung	interner Speichertakt	externer Bustakt	Bandbreite
PC2-3200	DDR2-400	1,8 V	100 MHz	200 MHz DDR	3,2 GByte/s (2,98 GByte/s)
PC2-4200	DDR2-553	1,8 V	133 MHz	266 MHz DDR	4,2 GByte/s (3,97 GByte/s)
PC2-5300	DDR2-667	1,8/2,0 V	166 MHz	333 MHz	5,3 GByte/s (4,97 GByte/s)

				DDR	GByte/s)
PC2-6400	DDR2-800	1,8/2,1 V	200 MHz	400 MHz DDR	6,4 GByte/s
PC2-8500	DDR2-1066	1,8 V	266 MHz	533 MHz DDR	8,5 GByte/s

DDR3-SDRAM - Double Data Rate 3 SDRAM

Die Nachfrage nach einem schnellen Speicher, der wenig Strom verbraucht, hat zum DDR3-SDRAM geführt. Die Speicherchips werden mit einer Spannung von 1,5V betrieben. Dadurch wird Verlustleistung gespart. Und die Speicherchips eignen sich noch besser für höhere Taktraten.

Die Latenzzeiten der Zugriffe sind bei DDR3 bei gleichem Takt etwas höher als bei DDR2. Höhere Latenzen ermöglichen höhere Taktraten. Durch einen höheren Takt werden die höheren Latenzen wieder ausgeglichen.

Unterscheiden muss man auch bei DDR3 die Taktfrequenz des Speicher-Interfaces und die Speicher-interne Taktrate. Im Speicher beträgt die Taktfrequenz nur ein Viertel des nominellen Takts. Um die Daten trotzdem für die hohe Bandbreite aus den Speicherzellen lesen zu können, sind die Speicherzellen von DDR3-SDRAM gegenüber DDR1-SDRAM mit einem vierfach so breiten Interface angebunden. Nur ein Bruchteil eines einzelnen Speicherchips wird als Speicher verwendet. Der Großteil sind I/O-Einheiten. DDR3 stellt nichts anderes dar, als die konsequente Fortsetzung des mit DDR2 eingeschlagenen Wegs.

Die DDR3L-Version mit 1,35 V ist eine Stromspar-Variante für Notebooks und Mini-PCs. Die Stromverbrauchersparnis ist allerdings minimal und lohnt sich wirklich nur für Server mit einem sehr großen Arbeitsspeicher oder für Akku-betriebene Geräte.

Speichermodul	Speicherchip	Spannung	interner Speichertakt	externer Bustakt	Bandbreite
PC3-6400	DDR3-800	1,5 V	100 MHz	400 MHz DDR	6,400 GByte/s
PC3-8500	DDR3-1066	1,5 V	133 MHz	533 MHz DDR	8,528 GByte/s
PC3-10600	DDR3-1333	1,5 V	166 MHz	667 MHz DDR	10,667 GByte/s
PC3-12800	DDR3-1600	1,5 V	200 MHz	800 MHz DDR	12,800 GByte/s
PC3-14900	DDR3-1866	1,5 V	233 MHz	933 MHz DDR	14,933 GByte/s
PC3-17000	DDR3-2133	1,5 V	266 MHz	1066 MHz DDR	17,066 GByte/s

Noch ein kurzer Hinweis auf die Geschwindigkeitsklassifizierung der Speicherchips: PC3-8500-Speichermodule haben DDR3-1066-Speicherchips. Die werden nicht mit 1066 MHz, sondern nur mit 533 MHz angesteuert. Die Datenübertragung erfolgt dann mit DDR (Double Data Rate), also sowohl bei steigender als auch bei fallender Taktflanke, wodurch sich rein rechnerisch 1066 MHz ergeben würde.

DDR4-SDRAM - Double Data Rate 4 SDRAM

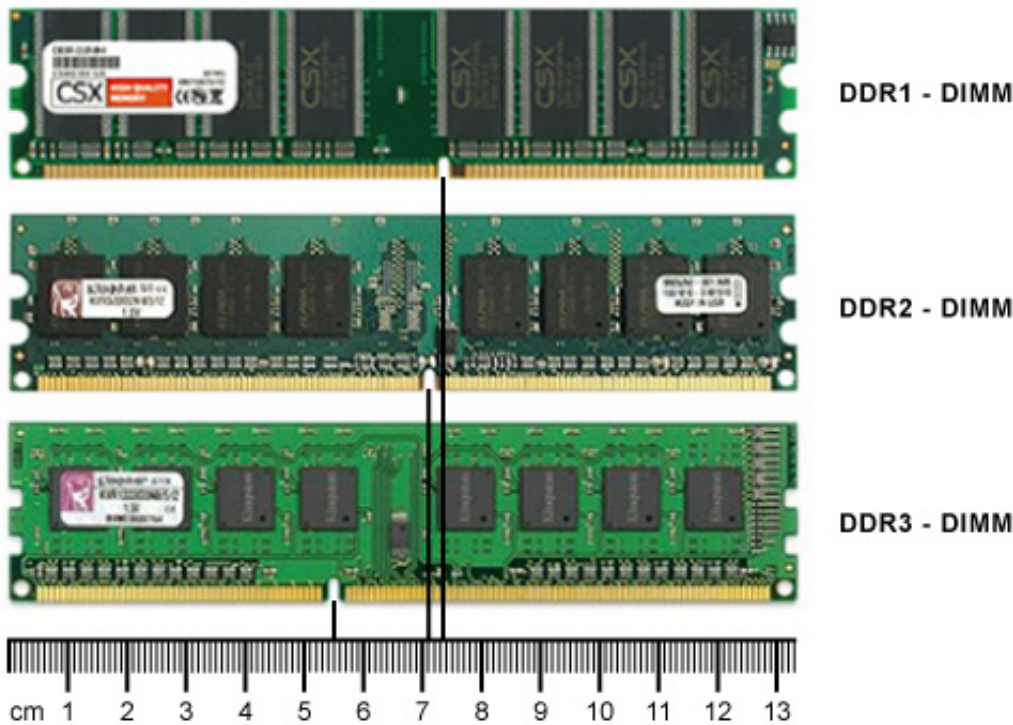
Ab 2014 wird mit DDR4-SDRAM-Speichermodule gerechnet. Wie üblich wird es kleine Verbesserungen gegenüber DDR3-SDRAM geben. Dazu zählen steigende Taktfrequenzen und verbesserte DRAM-Chips und Speicher-Controller. Höhere Datentransferraten und eine niedrigere Leistungsaufnahme sind das Ziel. Um höhere Frequenzen an der Speicherschnittstelle zu ermöglichen, wird die interne Organisation der DDR4-SDRAMs verändert. Wie bei DDR3, kommt ein achtfaches Prefetching zum Einsatz.

Speichermodule	Speicherchip	Spannung	interner Speichertakt	externer Bustakt	Bandbreite
PC4-12800	DDR4-1600	1,2 V	100 MHz	800 MHz DDR	12,800 GByte/s
PC4-14900	DDR4-1866	1,2 V	133 MHz	933 MHz DDR	14,933 GByte/s
PC4-17000	DDR4-2133	1,2 V	166 MHz	1066 MHz DDR	17,066 GByte/s
?	DDR4-2400	1,2 V	200 MHz	1200 MHz DDR	23,6 GByte/s

DDR1, DDR2, DDR3 und DDR4 im Vergleich

	DDR1	DDR2	DDR3	DDR4
offizielle Taktfrequenzen	100 - 200 MHz (DDR200 - DDR400)	200 - 400 MHz (DDR2/400 - DDR2/1066)	400 - 1066 MHz (DDR3/800 - DDR3/2133)	800 - 1200 MHz (DDR4/1600 - DDR4/2400)
Takt-Verhältnis I/O-Einheiten zu Speicherzellen	1:1	1:2	1:4	1:8
Takt der Speicherzellen	200 MHz bei DDR400	200 MHz bei DDR2/800	200 MHz bei DDR3/1600	200 MHz bei DDR4/2400
nominelle Speicherspannung	2,5 V ($\pm 0,2$ V)	1,8 V ($\pm 0,1$ V)	1,5 V ($\pm 0,075$ V)	1,2 V

DIMM-Speichermodule von DDR1, DDR2 und DDR3 im Vergleich



Übersicht: Halbleiterspeicher

- [ROM - Read Only Memory](#)
- [RAM - Random Access Memory](#)
- [DRAM - Dynamic RAM](#)
- [SDRAM - Synchronous DRAM](#)
- [Flash-Speicher](#)
- [FRAM - Ferroelectric RAM](#)
- [MRAM - Magnetoresistive RAM](#)
- [PCRAM - Phase Change RAM](#)

Weitere verwandte Themen:

- [PC/PC2/PC3-Spezifikation](#)
- [DIMM - Dual Inline Memory Module](#)
- [R-DIMM und FB-DIMM](#)
- [Arbeitsspeicher / Hauptspeicher](#)
- [Identifikation von Halbleiterbausteinen](#)

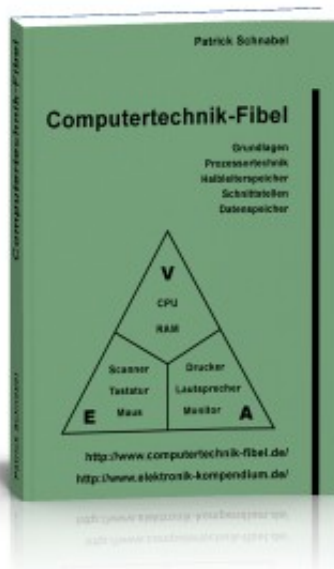
Hat Dir diese Seite gefallen?



Wie viel Bit sind ein Byte?

- ☐ 16 Bit
- ☐ 8 Bit
- ☐ 2 Bit
- ☐ 4 Bit

Antwort prüfen



© 1997-2014 Elektronik-Kompndium.de

[Impressum](#) | [Datenschutz](#)