# *Systeme II*

CoNe
Freiburg

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Rechnernetze und Telematik
Prof. Dr. Christian Schindelhauer

**Christian Schindelhauer**

Sommersemester 2006

4. Vorlesung

04.05.2006

schindel@informatik.uni-freiburg.de

# Fourier-Analyse für allgemeine Periode

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Institut für Informatik
Rechnernetze und Telematik
Prof. Dr. Christian Schindelhauer

- **Der Satz von Fourier für Periode T=1/f:**
  – Die Koeffizienten *c*, $a_n$, $b_n$ ergeben sich dann wie folgt

$$g(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} a_k \cos(2\pi k f t) + b_k \sin(2\pi k f t)$$

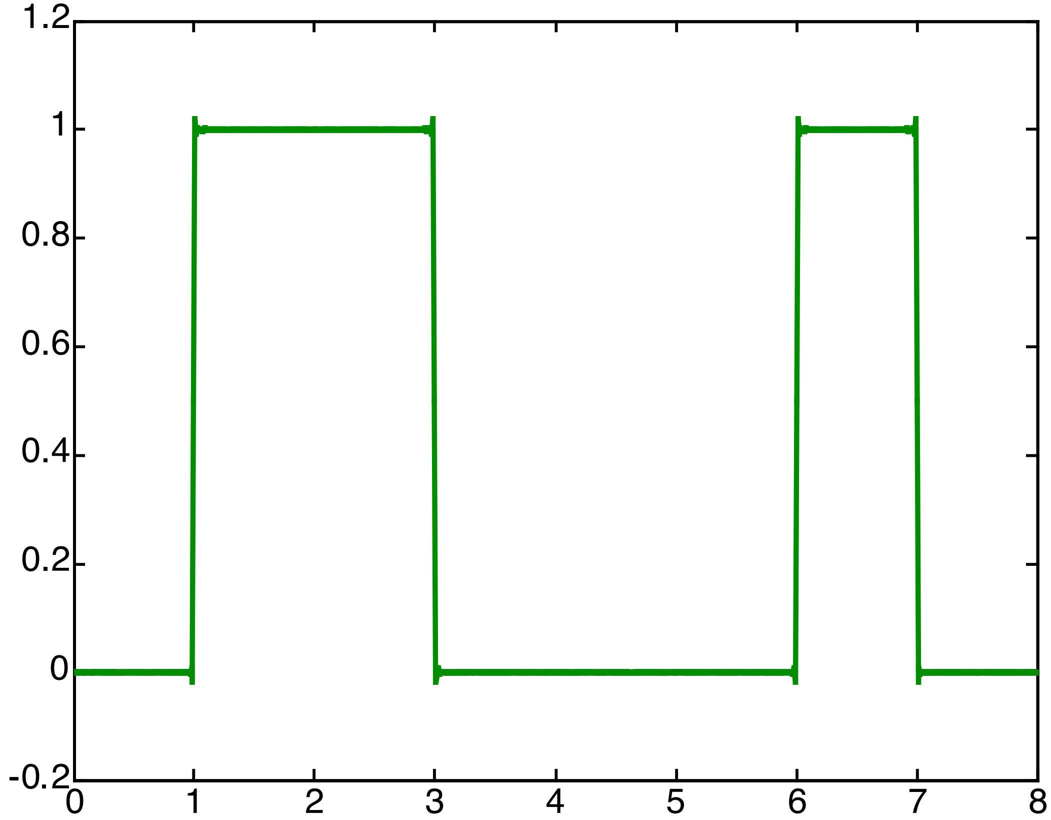
$$a_k = \frac{2}{T} \int_0^T g(t) \cos(2\pi n f t) dt$$

$$b_k = \frac{2}{T} \int_0^T g(t) \sin(2\pi n f t) dt$$

- **Die Quadratsumme der k-ten Terme ist proportional zu der Energie, die in diser Frequenz verbraucht wird:** $(a_k)^2 + (b_k)^2$
- **Üblicherweise wird die Wurzel angegeben:** $\sqrt{(a_k)^2 + (b_k)^2}$

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Institut für Informatik
Rechnernetze und Telematik
Prof. Dr. Christian Schindelhauer


- **Fourier-Analyse mit 512 Termen:**



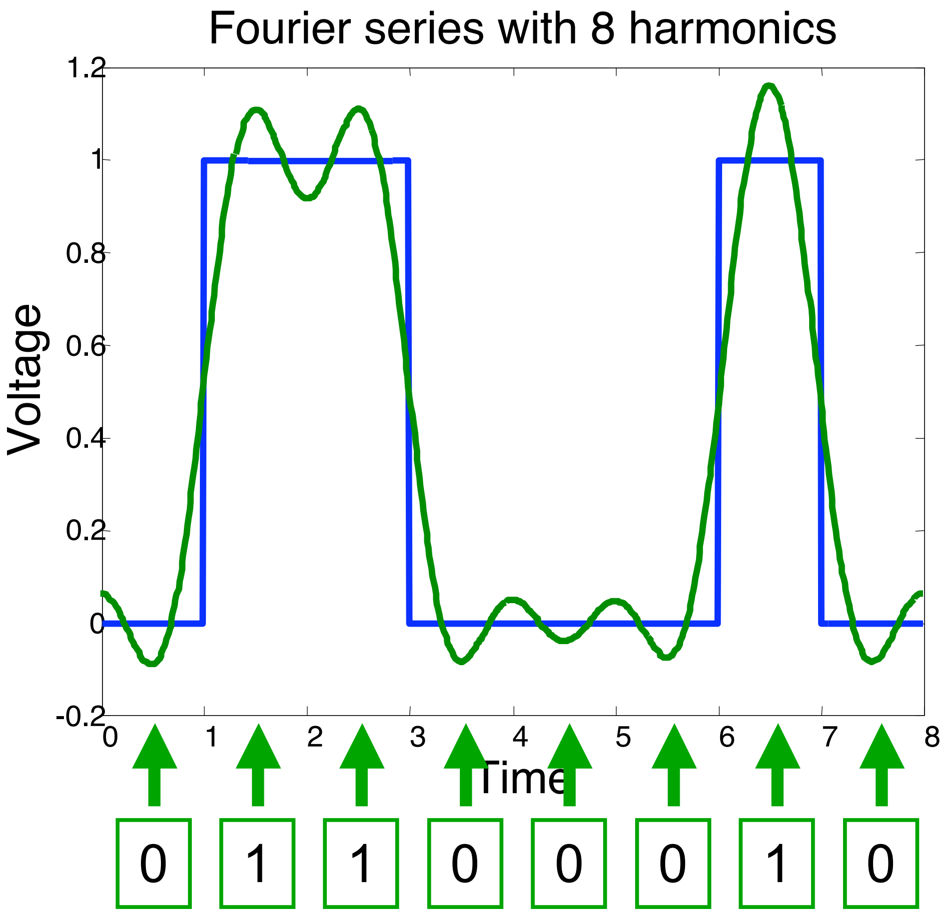

(aus Vorlesung von Holger Karl)

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Institut für Informatik
Rechnernetze und Telematik
Prof. Dr. Christian Schindelhauer

# Wie oft muss man messen?

- **Wie viele Messwerte sind notwendig, um eine Fouriertransformation bis zur k.-ten Komponenten genau zu bestimmen?**

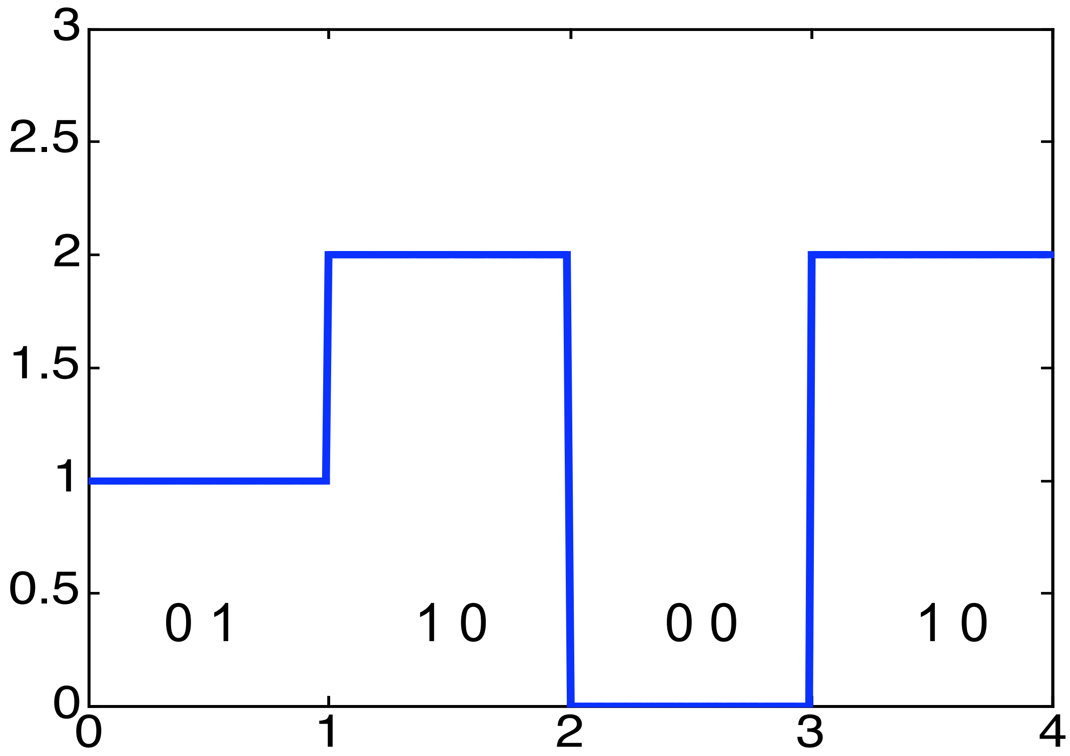
- **Theorem von Nyquist**
  - Um ein kontinuierliches bandbegrenztes Signal mit einer Maximalfrequenz $f_{max}$ zu rekonstruieren, braucht man mindestens eine Abtastfrequenz von 2 $f_{max}$.



Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Institut für Informatik
Rechnernetze und Telematik
Prof. Dr. Christian Schindelhauer

# Symbole und Bits

- **Für die Datenübetragung können statt Bits auch Symbole verwendet werden**
- **Z.B. 4 Symbole: A,B,C,D mit**
  - A=00, B=01, C=10, D=11
- **Symbole**
  - Gemessen in Baud
  - Anzahl der Symbole pro Sekunde
- **Datenrate**
  - Gemessen in Bits pro Sekunde (bit/s)
  - Anzahl der Bits pro Sekunde
- **Beispiel**
  - 2400 bit/s Modem hat 600 Baud (verwendet 16 Symbole)



# Nyquists Theorem

- **Definition**
  - Die Bandweite H ist die Maximalfrequenz in der Fourier-Zerlegung
- **Angenommen:**
  - Die maximale Frequenz des empfangenen Signals ist f=H in der Fouriertransformation
    - (Komplette Absorption [unendliche Dämpfung] aller höheren Frequenzen)
  - Die Anzahl der verschiedenen verwendeten Symbole ist V
  - Es treten keinerlei anderen Störungen, Verzerrungen oder Dämpfungen auf
- **Theorem von Nyquist**
  - Die maximal mögliche Symbolrate ist höchstens 2 H baud.
  - Die maximal mögliche Datenrate ist höchstens 2 H $\log_2$ V bit/s.

# Helfen mehr Symbole?

- **Nyquists Theorem besagt, dass rein theoretisch die Datenrate mit der Anzahl der verwendeten Symbole vergrößert werden könnten**

- **Diskussion:**
  - Nyquists Theorem liefert nur eine theoretische obere Schranke und kein Verfahren zur Übertragung
  - In der Praxis gibt es Schranken in der Messgenauigkeit
  - Nyquists Theorem berücksichtigt nicht das Problem des Rauschens

# Der Satz von Shannon

- **Tatsächlich ist der Einfluss des Rauschens fundamental**
  - Betrachte das Verhältnis zwischen Sendestärke S zur Stärke des Rauschens N
  - Je weniger Rauschen desto besser können Signale erkannt werden
- **Theorem von Shannon**
  - **Die maximale mögliche Datenrate ist H $\log_2$ (1+S/N) bit/s**
    - bei Bandweite H
    - Signalstärke S
- **Achtung**
  - Dies ist eine theoretische obere Schranke
  - Existierende Kodierungen erreichen diesen Wert nicht

# Selbsttaktende Kodierungen

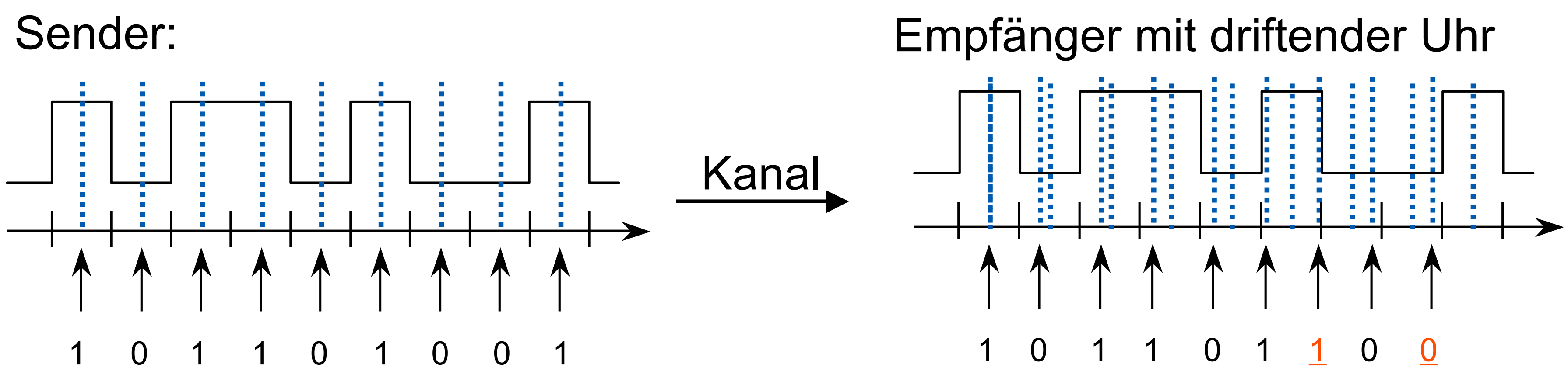
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Institut für Informatik
Rechnernetze und Telematik
Prof. Dr. Christian Schindelhauer

- **Wann muss man die Signale messen**
  - Typischerweise in der Mitte eines Symbols
  - Wann startet das Symbol?
    - Die Länge des Symbols ist üblicherweise vorher festgelegt.
- **Der Empfänger muss auf der Bit-ebene mit dem Senser synchronisiert sein**
  - z.B. durch *Frame Synchronization*

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Institut für Informatik
Rechnernetze und Telematik
Prof. Dr. Christian Schindelhauer

# Synchronisation

- **Was passiert wenn man einfach Uhren benutzt**
- **Problem**
  - Die Uhren driften auseinander
  - Keine zwei (bezahlbare Uhren) bleiben perfekt synchron
- **Fehler by Synchronisationsverlust (NRZ):**

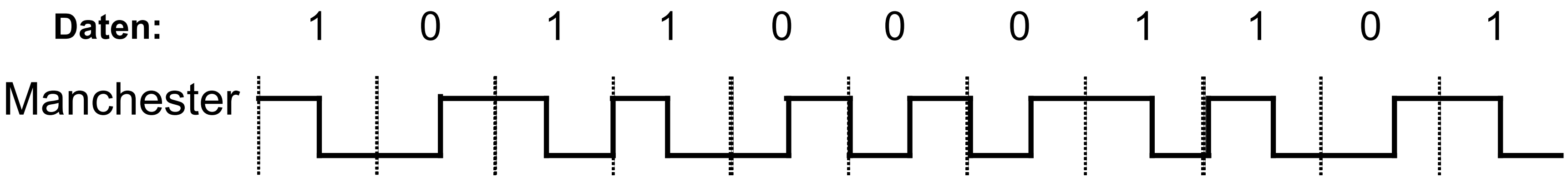


# Lösung der Synchronisation

- **Ohne Kontrolle keine Synchronisation**
- **Lösung: explizites Uhrensignal**
  - Benötigt parallele Übertragung über Extra-Kanal
  - Muss mit den Daten synchronisiert sein
  - Nur für kurze Übertragungen sinnvoll
- **Synchronisation an kritischen Zeitpunkten**
  - z.B. Start eines Symbols oder eines Blocks
  - Sonst läuft die Uhr völlig frei
  - Vertraut der kurzzeitig funktionierenden Synchronität der Uhren
- **Uhrensignal aus der Zeichenkodierung**

# Selbsttaktende Codes

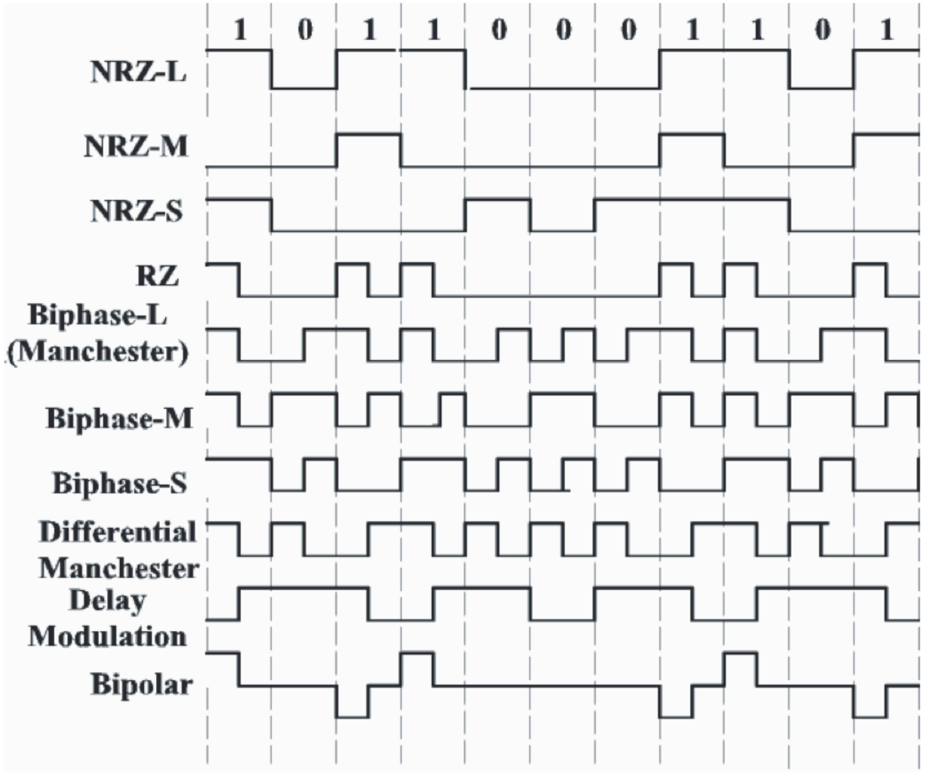
- **z.B. Manchester Code (Biphase Level)**
  - 1 = Wechsel von hoch zu niedrig in der Intervallmitte
  - 0 = Umgekehrter Wechsel




- **Das Signal beinhaltet die notwendige Information zur Synchronisation**

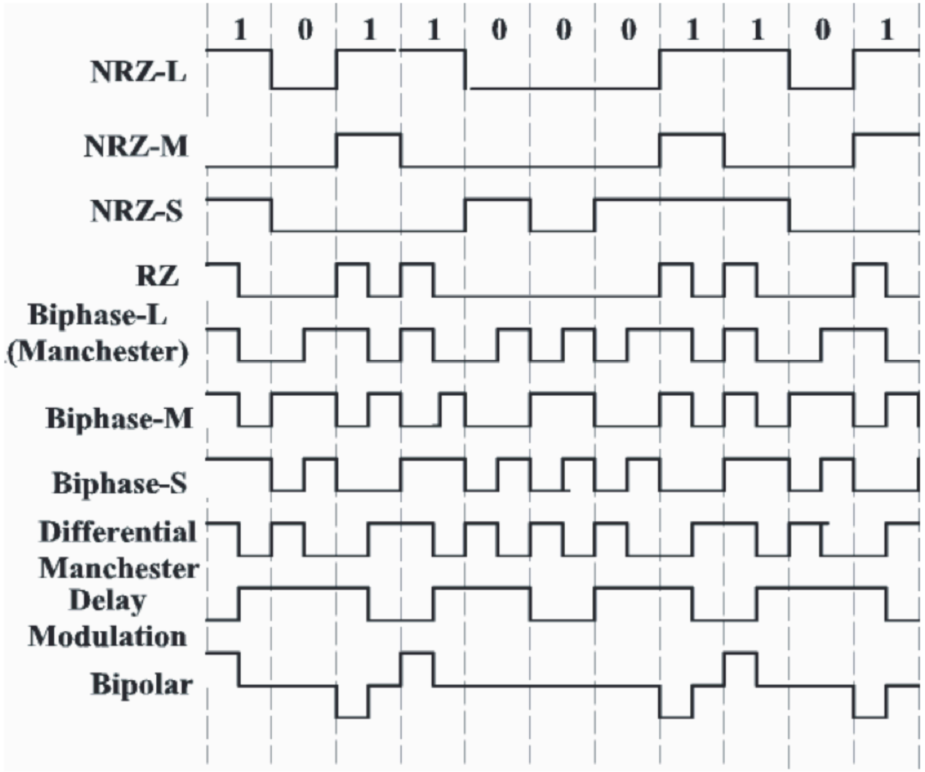
# Digitale Kodierungen (I)

- **Non-Return to Zero-Level (NRZ-L)**
  - 1 = hohe Spannung, 0 = niedrig
- **Non-Return to Zero-Mark (NRZ-M)**
  - 1 = Wechsel am Anfang des Intervals
  - 0 = Kein Wechsel
- **Non-Return to Zero-Space (NRZ-S)**
  - 0 = Wechsel am Intervallanfang
  - 1 = Kein Wechsel
- **Return to Zero (RZ)**
  - 1 = Rechteckpuls am Intervallanfang
  - 0 = Kein Impuls
- **Manchester Code (Biphase Level)**
  - 1 = Wechsel von hoch zu niedrig in der Intervallmitte
  - 0 = Umgekehrter Wechsel



# Digitale Kodierungen (II)

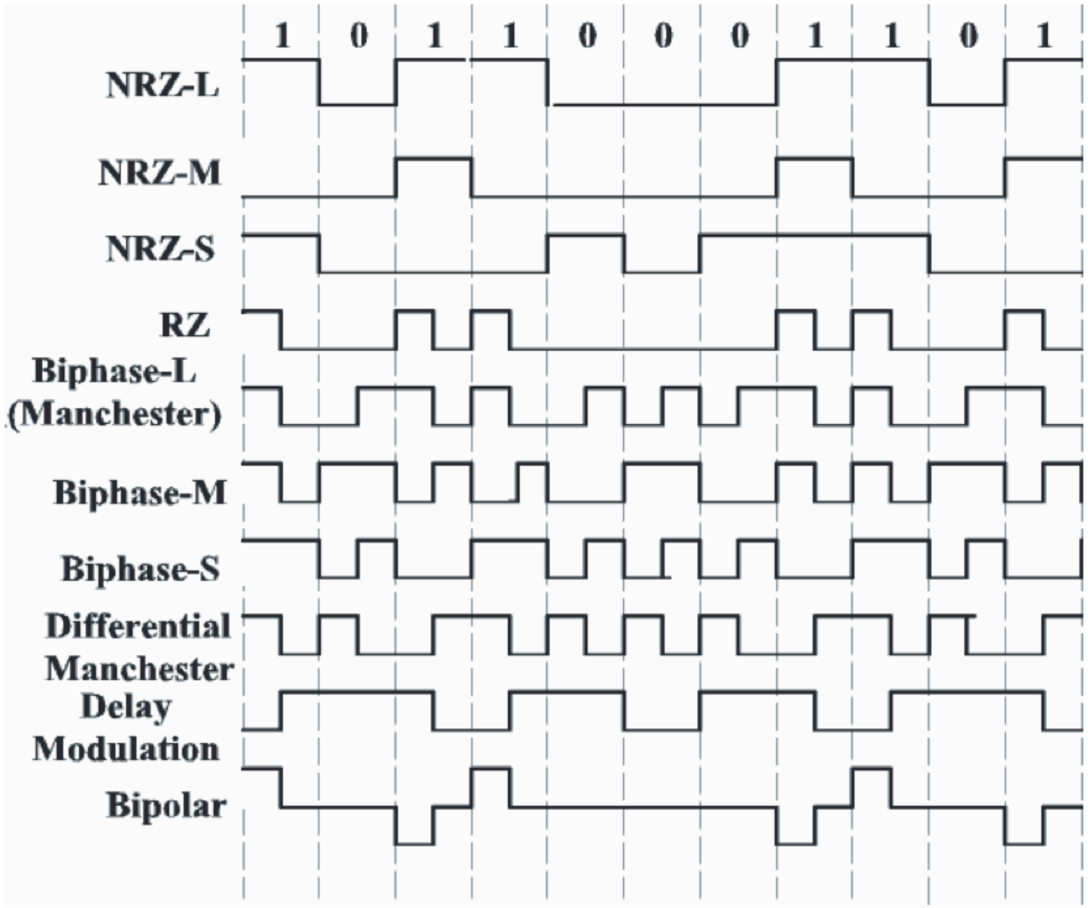
- **Biphase-Mark**
  - Immer: Übergang am Intervallanfang
  - 1 = zweiter Übergang in der Mitte
  - 0 = kein zweiter Übergang
- **Biphase-Space**
  - Immer: Übergang am Intervallanfang
  - 1/0 umgekehrt wie Biphase-Mark
- **Differential Manchester-Code**
  - Immer: Übergang in Intervallmitte
  - 1 = Kein Übergang am Intervallanfang
  - 0 = Zusätzlicher Übergang am Intervallanfang
- **Delay Modulation (Miller)**
  - Übergang am Ende, falls 0 folgt
  - 1 = Übergang in der Mitte des Intervalls
  - 0 = Kein Übergang falls 1 folgt
- **Bipolar**
  - 1 = Rechteckpuls in der ersten Hälfte, Richtung alterniert (wechselt)
  - 0 = Kein Rechteckpuls



Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Institut für Informatik
Rechnernetze und Telematik
Prof. Dr. Christian Schindelhauer

# Übungsaufgabe

- **Welche Codes sind selbsttaktend?**



# *Ende der 4. Vorlesung*

CoNe Freiburg

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Rechnernetze und Telematik
Prof. Dr. Christian Schindelhauer

Systeme II
**Christian Schindelhauer**
**schindel@informatik.uni-freiburg.de**