

# Systemidentifikation und Regelung in der Medizin

## 7. Vorlesung

Testsignal für die Systemanregung- Pseudo Binär Rausch Signal (PRBS)

Sommersemester 2020

8. Juni 2020

Thomas Schauer

Technische Universität Berlin  
Fachgebiet Regelungssysteme

---

## 7. Testsignal für die Systemanregung

### - Pseudo Binär Rausch Signal (PRBS) -

- Approximiert zeitdiskretes Rauschen  $\Rightarrow$  Spektralgehalt reich an Frequenzen
- Signal nimmt nur zwei Werte an (binär)
- Wechsel zwischen Werten zu den Abtastzeitpunkten  $t = 0, t_s, 2t_s, 3t_s, \dots$   
(Abtastperiode  $t_s = \Delta$ )
- PRBS ist periodisch mit der Periode  $t_s L$ .
- $L$  wird Sequenzlänge genannt.
- Erzeugung des PRBS durch rückgekoppeltes Schieberegister  $\rightsquigarrow$  Eingang ist **modulo-2-Summe** der Logikwerte der letzten Stufe und einer (oder mehrerer) anderer Stufen

$$1 \oplus 1 = 0 \oplus 0 = 0$$

$$1 \oplus 0 = 0 \oplus 1 = 1$$

- Für ein Schieberegister  $n$ -ter Ordnung ergibt sich eine maximale Länge des PRBS von

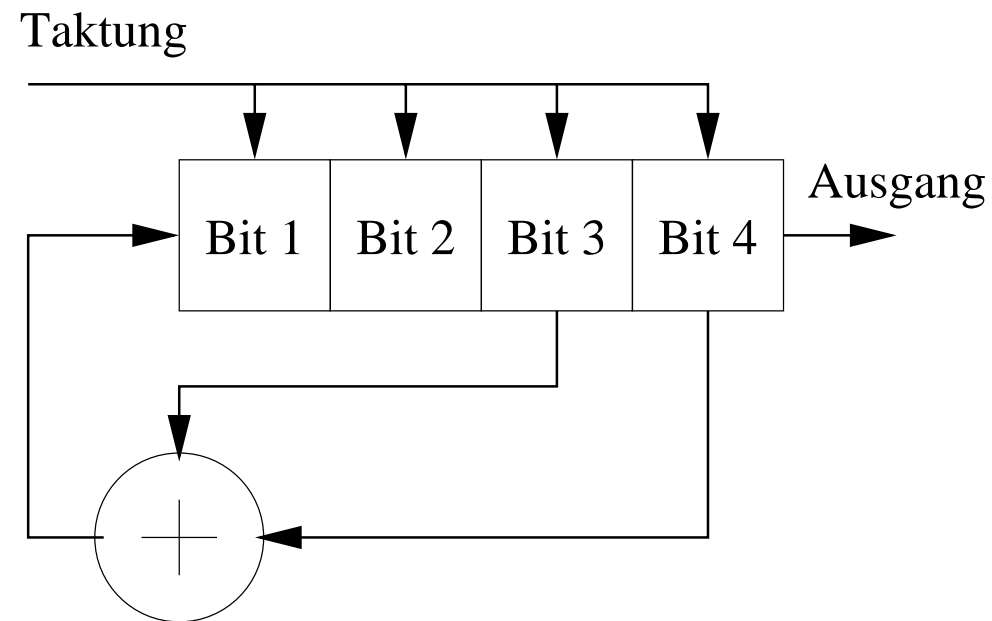
$$L = 2^n - 1$$

bei folgender Wahl der Bits für die Rückkopplung:

$n$	$L$	Bits für Rückkopplung
2	3	1,2
3	7	1,4
4	15	3,4
5	31	3,5
6	63	5,6
7	127	4,7

- Initialisierung des Schieberegisters muss von Null verschieden sein.

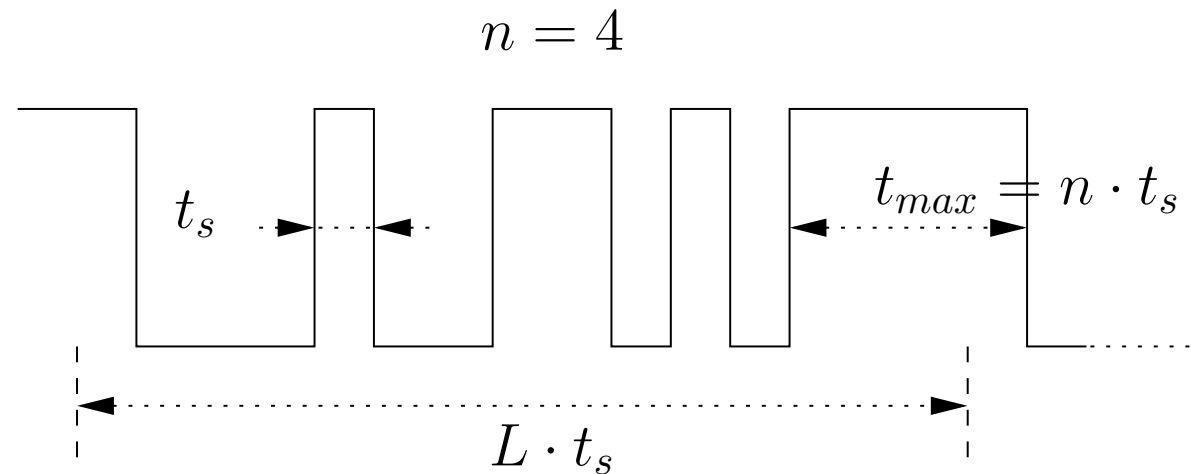
## Beispiel für ein Schieberegister 4-ter Ordnung



---

Taktung	Bit 1	Bit 2	Bit 3	Bit 4 (Ausgang)
1	0	0	0	1
2	1	0	0	0
3	0	1	0	0
4	0	0	1	0
5	1	0	0	1
6	1	1	0	0
7	0	1	1	0
8	1	0	1	1
9	0	1	0	1
10	1	0	1	0
11	1	1	0	1
12	1	1	1	0
13	1	1	1	1
14	0	1	1	1
15	0	0	1	1
16	0	0	0	1

---



- Wahl der Abtastzeit  $t_s$  und Ordnung  $n$  des Schieberegisters basierend auf der Anstiegszeit  $t_r$  (Zeit von 10% bis 90% bezüglich des Ausgangssignals bei einem Eingangssprung)

$$t_s \approx t_r / 5..15$$

$$t_{max} = n \cdot t_s > t_r \quad (\text{Bedingung B1})$$

- Um das volle Frequenzspektrum zu nutzen, sollte die Testdauer immer ein ganzes Vielfaches der Sequenzlänge sein:

$$t_{Total} = l \cdot t_s \cdot L, \quad l = 1, 2, \dots \quad (\text{Bedingung B2})$$

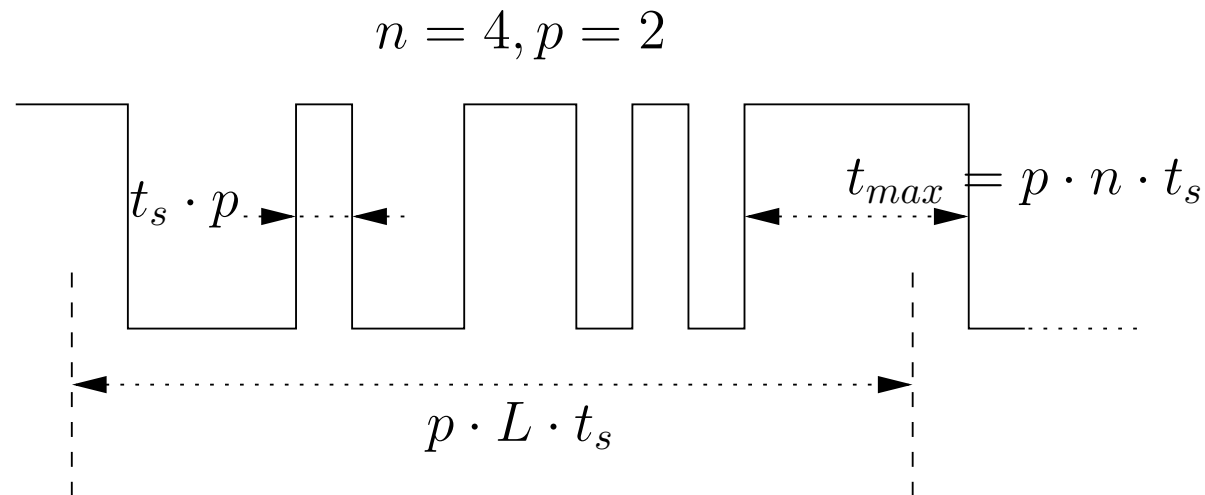
- Die Bedingungen B1 und B2 können zu sehr langen Testdauern führen.  $\leadsto$   
Einen **alternativer Ansatz** stellt die Verwendung eines **Frequenzteilers** dar:

$$f_{prbs} = \frac{f_s}{p}, \quad p = 1, 2, 3, \dots$$

$$t_{max} = p \cdot n \cdot t_s > t_r$$

Vor- und Nachteile des Frequenzteilers:

- + **Stärkung** der Anregung im **unteren** Frequenzbereich
- **Reduzierung** der Anregung im **oberen** Frequenzbereich



- Wahl der Amplitude:
    - ◇ größer als Rauschlevel
    - ◇ nicht zu groß, damit kein nichtlineares Verhalten angeregt wird
  - Wahl des Offsets:
    - ◇ Verschiebung des PRBS an den Arbeitspunkt bei nichtlinearen Systemen
  - Weitere Informationen:
    - ◇ I. D. Landau und G. Zito, Digital Control Systems: Design, Identification and Implementation, Springer Verlag, 2005
    - ◇ K. Godfrey, Perturbation Signals for System Identification, Prentice Hall, 1993
-