

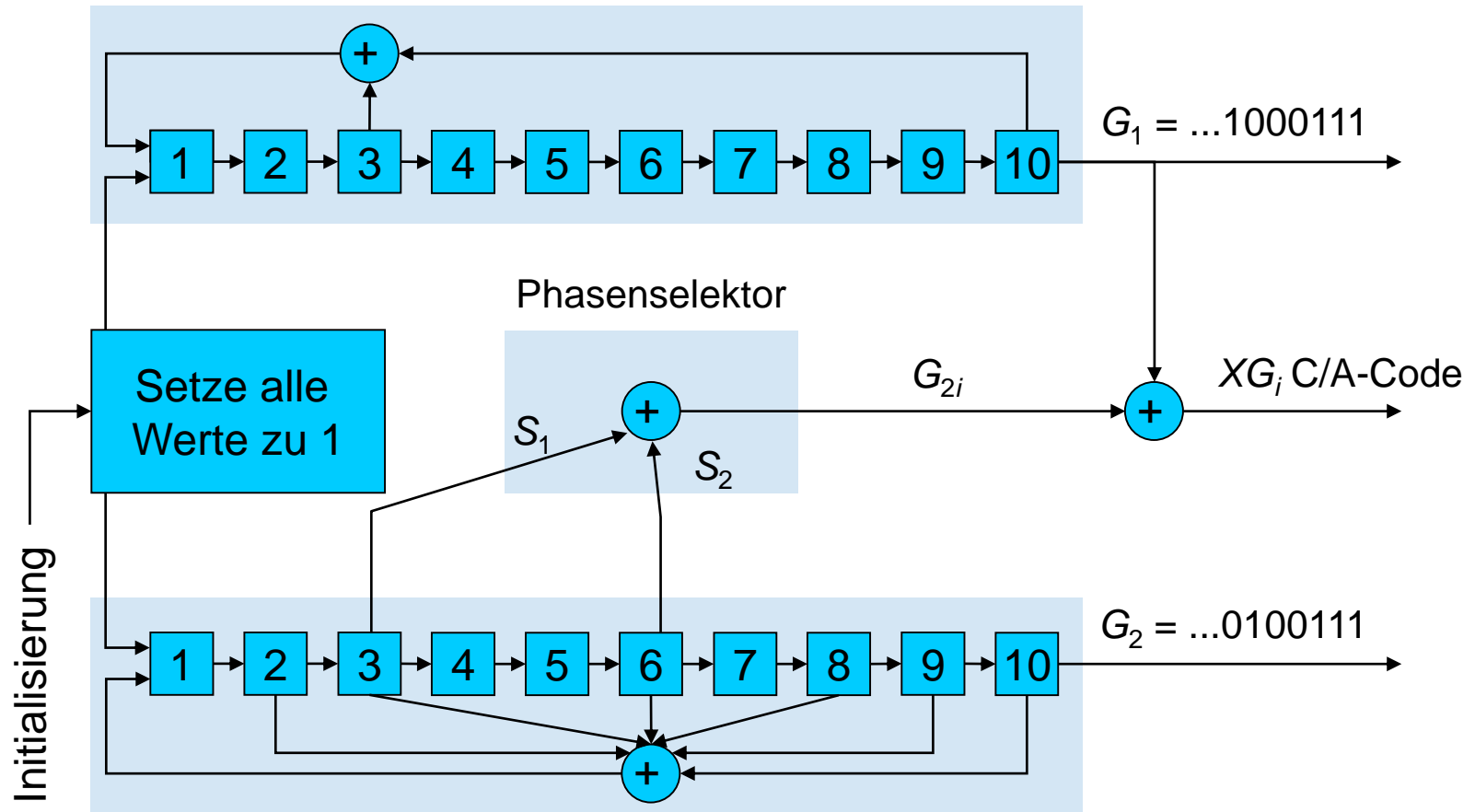
Rechnerübung 2: Gold Codes

GPS-Satelliten werden durch ihren C/A-Code bzw. die Nummer ihrer Pseudozufallssequenz identifiziert (Pseudo Random Noise, PRN).

Wir benutzen oft „PRN k “ um sowohl einen C/A-Code zu identifizieren als auch den Satelliten der ihn sendet.

Die GPS-C/A-Codes sind sogenannte Gold-Codes. Bei GPS werden diese mit zwei kombinierten 10-Bit-Schieberegistern erstellt, welche jeweils eine m-Sequenz generieren (siehe Rechnerübung 1).

Rechnerübung 2: Gold Codes



Rechnerübung 2: Gold Codes

Man beachte den Phasenselektor in der Mitte der Skizze.

S_1 und S_2 geben an, welche Bits des G2-Schieberegisters addiert werden, um die Ausgangswerte von G_{2i} zu jedem Zeitpunkt zu erzeugen. S_1 und S_2 sind unterschiedlich für verschiedene Satelliten.

Zum Beispiel wird PRN 1 durch die XOR-Operation der Bits 2 und 6 vom G_2 -Schieberegister erzeugt, um das G_{2i} -Bit zu bilden. PRN 2 wird durch die XOR-Operation der Bits 3 und 7 generiert. Das Ausgangsbit des C/A-Codes ist XG_i .

Für PRN 19 und andere Sequenzen schlagen Sie die Anzapfungen für den Phasenselektor im Dokument ICD200c.pdf nach.

Algorithmus zur Erzeugung der C/A-Codes:

1. Initialisieren Sie sowohl das G1 als auch das G2 Schieberegister mit 1-Werten.
2. Berechnen Sie die Ergebnisse von allen \oplus -Operationen, um das Ausgangsbit für den augenblicklichen Zeitpunkt zu bestimmen.
3. Schieben Sie die Elemente in beiden Registern eine Stelle nach rechts. Berechnen sie aber vorher die äußersten linken Elemente von G1 und G2 für den neuen Zeitpunkt.
4. Gehen Sie zurück zu Schritt 2.

Rechnerübung 2: Gold Codes

Aufgabenstellung

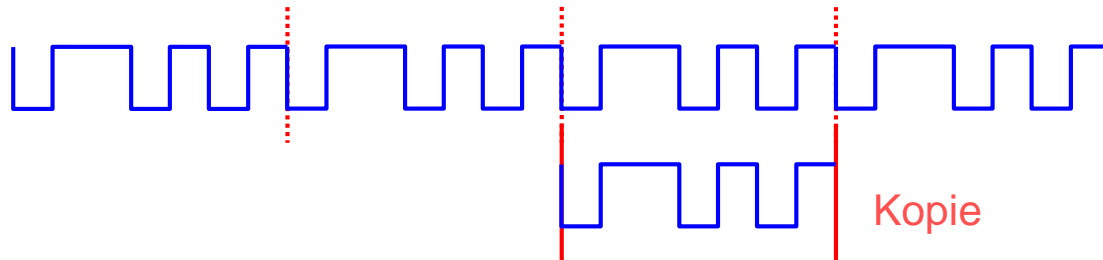
- a. Erzeugen Sie den gesamten 1023-Chip-C/A-Code für PRN 19 als einen Vektor. Plotten Sie die ersten 16 und die letzten 16 Chips dieses Codes. Vervollständigen Sie hierfür **calculate_gold_code**.
- b. Erzeugen Sie die Ausgangswerte des C/A-Codes für PRN 19 für die Zeitpunkte 1024 bis 2046 in Form eines Vektors mit 1023 Elementen. Wie verhält sich dieser Vektor zu demjenigen Vektor, den Sie in der vorhergehenden Aufgabe generiert haben?

Überprüfen Sie die erzeugte PRN-Sequenz, indem Sie aus den ersten 10 Chips eine Oktalzahl berechnen, die Sie im Dokument ICD200c.pdf zur Kontrolle angegeben finden.

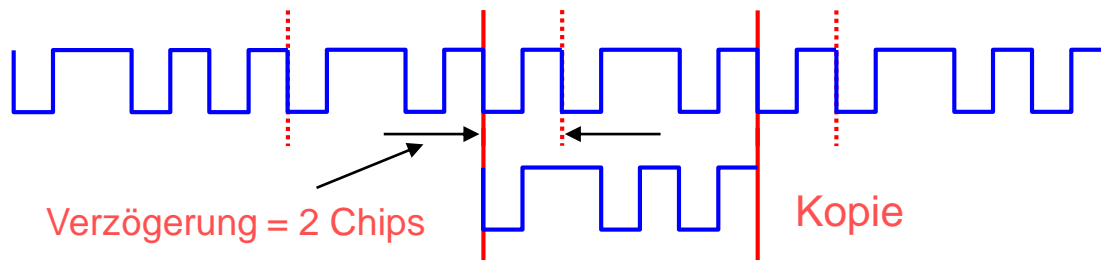
- c. Erzeugen Sie die Sequenz PRN 25 und überprüfen Sie das Ergebnis wieder mittels der Oktalzahl-Darstellung der ersten 10 Chips.
- d. Erzeugen Sie die Sequenz PRN 5 und überprüfen Sie das Ergebnis wieder mittels der Oktalzahl-Darstellung der ersten 10 Chips.

Rechnerübung 2: Gold Codes

Ein GPS-Empfänger misst den Pseudoabstand zu einem Satelliten, indem er die Korrelation des empfangenen Signals mit einer Kopie vergleicht, die der Empfänger erzeugt hat. Der Empfänger vergleicht seine C/A-Code-Kopie mit dem sich ständig wiederholenden C/A-Code des Satelliten, wie in der folgenden Skizze gezeigt, wobei das Signal quasi „eingefroren“ dargestellt ist.



Falls sich der Nutzer vom Satelliten entfernt, erreicht das entsprechende Chip des sich wiederholenden C/A-Codes den Empfänger entsprechend später, die Ankunftszeit verzögert sich, wie der Vergleich mit der C/A-Code-Kopie verdeutlicht.



Rechnerübung 2: Gold Codes

Sie werden Codes aus der vorangegangenen Aufgabenstellung brauchen, um dieses Problem zu lösen. Allerdings sollten Sie zuerst die $\{0,1\}$ -Sequenzen in $\{1,-1\}$ -Sequenzen konvertieren: $0 \rightarrow 1$, $1 \rightarrow -1$, um Korrelationsfunktionen berechnen zu können. Benutzen Sie hierzu **uni_to_bi**.

Wenn wir die C/A-Codes der Satelliten k und l mit $x_i^{(k)}$ und $x_i^{(l)}$ bezeichnen, wobei jeweils gilt $i = 0, 1, 2, \dots, 1022$, können wir ihre Auto- und Kreuzkorrelationsfunktionen wie folgt definieren. Die normierte Autokorrelationsfolge für PRN k bei einer Verschiebung n ($= 0, \pm 1, \pm 2, \dots$) ist definiert als

$$R^{(k)}(n) = \frac{1}{1023} \sum_{i=0}^{1022} x_i^{(k)} x_{i+n}^{(k)}.$$

Die normierte Kreuzkorrelationsfolge der Folgen PRN k und l ist definiert bei einer Verschiebung n als

$$R^{(k,l)}(n) = \frac{1}{1023} \sum_{i=0}^{1022} x_i^{(k)} x_{i+n}^{(l)}$$

mit $x_{m+1023}^{(\bullet)} = x_m^{(\bullet)}$.

Rechnerübung 2: Gold Codes

Beachten Sie, dass beide Korrelationsfunktionen periodisch sind, d.h. sich wiederholen, sobald eine Verschiebung von 1023 überschritten wird.

Aufgabenstellung:

- e. Plotten Sie $R^{(19)}(n)$, die Autokorrelationsfunktion von PRN 19.
- f. Erzeugen Sie eine 1023-Chip-PRN-Sequenz als PRN 19 verzögert um 200 Chips. Plotten Sie die normierte, zyklische Kreuzkorrelationsfolge von PRN 19 mit dieser verzögerten Version. Ist die Korrelationsspitze an der Stelle, an der Sie die Spitze erwartet haben?
- g. Plotten Sie die zyklische Kreuzkorrelationsfolge von PRN 19 und PRN 25. Wie lässt sich diese Zeichnung mit derjenigen vergleichen, die Sie unter Punkt e. erstellt haben?
- h. Plotten Sie die zyklische Kreuzkorrelationsfolge von PRN 19 mit PRN 5. Wie lässt sich dieses Ergebnis mit demjenigen vergleichen, das Sie unter e. erstellt haben?
- i. Erzeugen Sie drei PRN-Sequenzen wie folgt: Definieren Sie x_1 als PRN 19 verzögert um 350 Chips; x_2 sei definiert als PRN 25 verzögert um 905 Chips; x_3 sei PRN 5 verzögert um 75 Chips. Addieren Sie diese 3 PRN-Sequenzen auf und korrelieren Sie das Ergebnis mit einer Kopie von PRN 19. Ist die Korrelationsspitze an der Stelle, an der Sie die Spitze erwartet haben? (Hinweis: Addition bedeutet hier einfache Addition: $1 + 1 = 2$, und $1 - 1 = 0$).

Rechnerübung 2: Gold Codes

- j. Um den Effekt des Empfangsrauschens bei der Akquisition und der Nachfolgeregelung (tracking) eines C/A-Codes zu simulieren, erzeugen Sie einen Vektor „noise“ mit 1023 Elementen, wobei jedes Element normalverteilt mit dem Mittelwert 0 und der Standardabweichung 4 sei. Plotten Sie x_1 , x_2 , x_3 , und „noise“ in getrennten Diagrammen auf einer Seite. Skalieren Sie die vertikalen Achsen dieser Diagramme so, dass sie alle identische Maßstäbe haben.
- k. Addieren Sie nun x_1 , x_2 , x_3 und „noise“ (Empfangssignal $y(k)$), und korrelieren Sie das Ergebnis mit einer Kopie von PRN 19. Gibt es eine Korrelationsspitze, die heraus ragt? Ist sie dort, wo Sie die Spitze erwarten würden. Sind Sie überrascht von der Fähigkeit von PRN 19, die Interferenz von „noise“ und den anderen PRN-Sequenzen zu überleben?
- l. Wiederholen Sie abschließend Aufgabe 7, aber wenden Sie vor der Korrelation auf das Empfangssignal $y(k)$ die Signumfunktion an: $\text{sign}(y(k)) \in \{-1, +1\}$. Funktioniert die Korrelation noch? Um wie viel hat sich das SNR bei der Detektion des Maximums verschlechtert? Was bedeutet das für die A/D-Umsetzung?