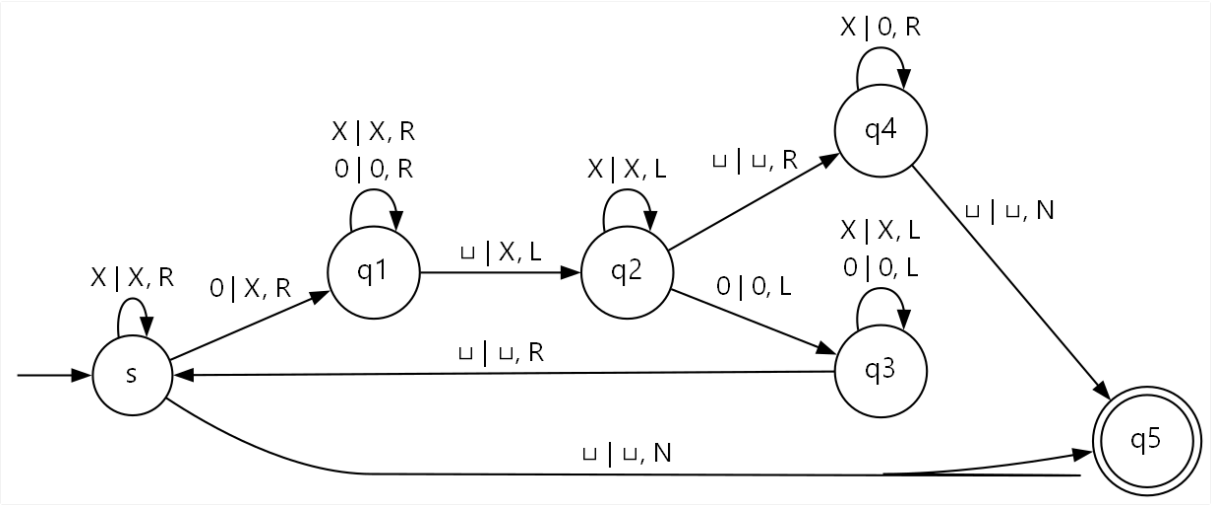
1. (5 Punkte) Gegeben ist die folgende Turingmaschine über dem Alphabet $\Sigma = \{0\}$ mit dem zusätzlichen Bandzeichen X.

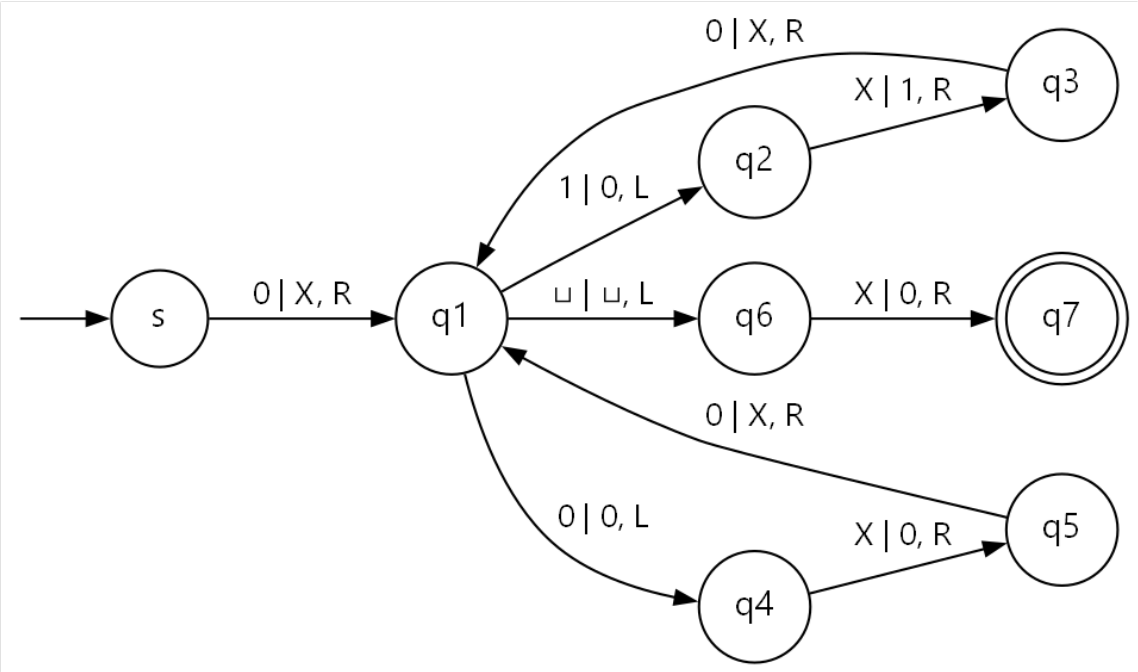


(a) Gib die Konfigurationen bei der Eingabe `00` an, bis die TM in den Zustand q_4 kommt.

(b) Welche Wörter akzeptiert diese TM?

(c) Was berechnet diese TM?

2. (6 Punkte) Gegeben ist die folgende Turingmaschine über $\Sigma = \{0, 1\}$ mit dem zusätzlichen Bandzeichen X.

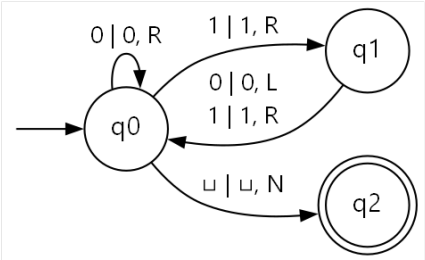


(a) Gib die Konfigurationen bei der Eingabe `01101` an.

(b) Was macht diese Turingmaschine?

(c) Gib eine Turingmaschine mit höchstens 3 Zuständen an, die dasselbe macht.

3. (4 Punkte) Gegeben ist die folgende Turingmaschine über $\Sigma = \{0, 1\}$:



   (a) Gib für die Eingaben `00`, `1`, `11`, `10`, `0110`, `0100` an, ob die TM akzeptiert, hält und ablehnt oder nie hält.

   (b) Begründe für die Eingabe `10`, warum die TM nie hält.

4. (3 Punkte) Gib eine Turingmaschine über dem Alphabet $\Sigma = \{0, 1\}$ an, die alle Wörter mit einer geraden Anzahl von Nullen akzeptiert.

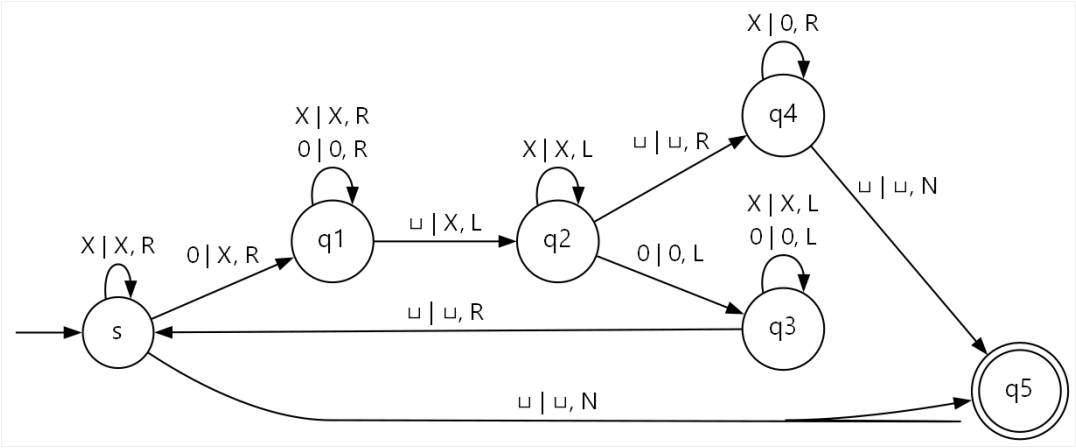
5. (5 Punkte) Die Sprache L über $\Sigma = \{a, b\}$ besteht aus allen Wörtern mit gleich vielen a und b, bei denen in jedem Anfangsstück höchstens so viele b wie a vorkommen. Zum Beispiel liegen *aabb* und *abab* in L, *abba* nicht. Gib eine Turingmaschine an, die L akzeptiert. Du darfst das Bandzeichen # zusätzlich verwenden.

6. (4 Punkte) Zahlen kann man auch unär schreiben: Die Zahl n wird durch n Einsen dargestellt. Gib eine Turingmaschine über $\Sigma = \{1, +\}$ an, die zwei unär geschriebene Zahlen addiert. Aus der Eingabe `11+111` soll das Band `11111` werden.

7. (4 Punkte) Gib eine Turingmaschine an, die von einer Binärzahl $n > 0$ eins abzieht. Aus `1100` soll `1011` werden. Führende Nullen im Ergebnis dürfen stehen bleiben (aus `100` wird `011`).

8. (4 Punkte) (a) Was besagt die Church-Turing-These? Warum ist sie eine These und kein Satz?
   (b) Was bedeutet es, dass Python Turing-vollständig ist?
   (c) Was ist der Unterschied zwischen einer TM, die eine Sprache entscheidet, und einer, die sie nur erkennt?

9. (4 Punkte) Die folgende Turingmaschine verdoppelt die Anzahl der Nullen auf dem Band:



Ändere die Funktion `lauf` aus dem Notebook so, dass sie die Anzahl der Schritte zurückgibt. Bestimme die Schrittzahl für die Eingaben 0^n mit $n = 0, 1, \ldots, 5$. Wie wächst sie mit n?