

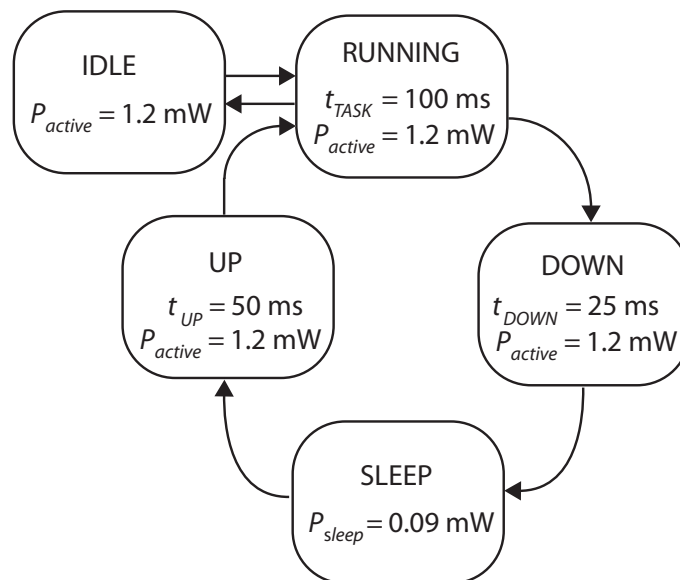
Aufgabe 1 : Low Power Design

(maximal 24 Punkte)

PM1: Dynamic Power Management (DPM)

(maximal 24 Punkte)

Gegeben ist ein Microcontroller, der über einen energiesparenden SLEEP-Zustand verfügt (siehe Abbildung). Für das Hochfahren des Prozessors, die Bearbeitung einer Task sowie für das Herunterfahren werden jeweils genau die Zeiten t_{UP} , t_{TASK} und t_{DOWN} benötigt. Demgegenüber sind beliebige Aufenthaltszeiten in den Zuständen SLEEP und IDLE möglich. Die Übergänge zwischen den einzelnen Zuständen erfolgen ohne Zeitverzögerung, d.h. die Leistung ändert sich sprunghaft.



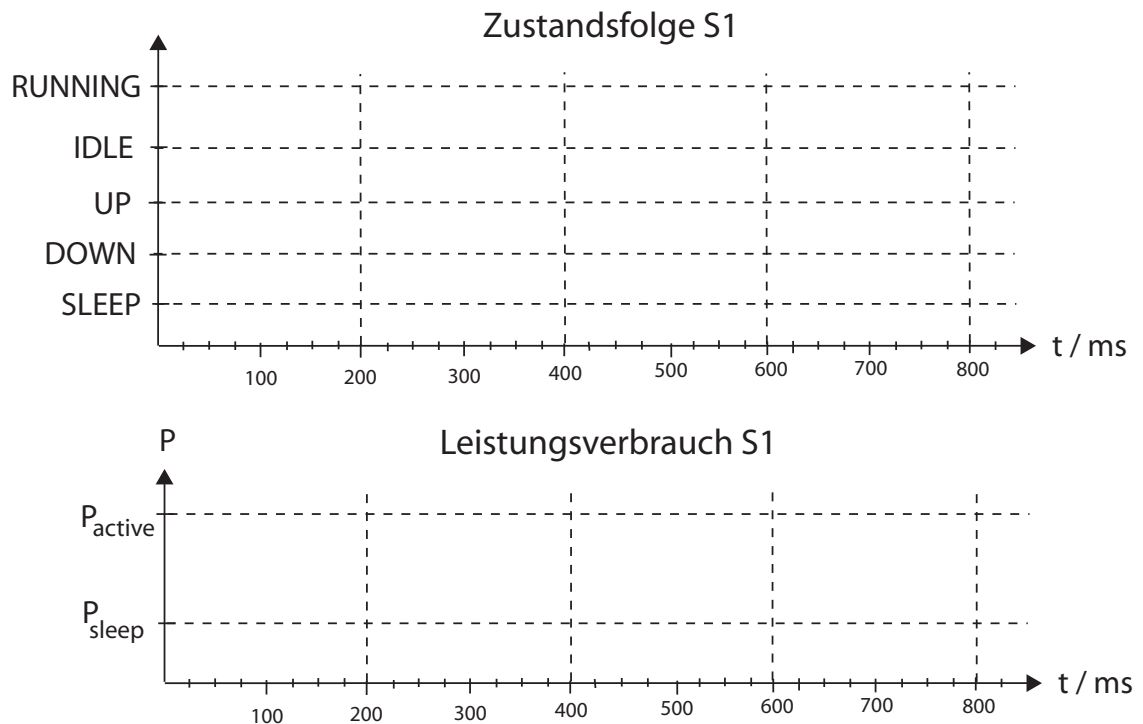
Zum Zeitpunkt $t = 0$ befindet sich der Prozessor im SLEEP-Zustand. Es treten nun zu den Zeiten $t = iT$, $i \in \{0, 1, 2, \dots\}$ Interrupts auf, die dem Prozessor die Ankunft von Tasks signalisieren. Die Constraints C1, C2 und C3 sind wie folgt gegeben:

- **Constraint C1** : Unmittelbar nach einem Interrupt muss der Prozessor in den RUNNING Zustand wechseln und den Task ausführen (gegebenenfalls über den UP-Zustand).
- **Constraint C2** : Unmittelbar nach Beendigung des Tasks (d.h. nach t_{TASK}) muss der Prozessor über den DOWN Zustand in den SLEEP Zustand wechseln.
- **Constraint C3** : Der Prozessor muss den durch den i -ten Interrupt ausgelösten Task spätestens beim Eintreffen des $(i + 1)$ -ten Interrupts beendet haben.

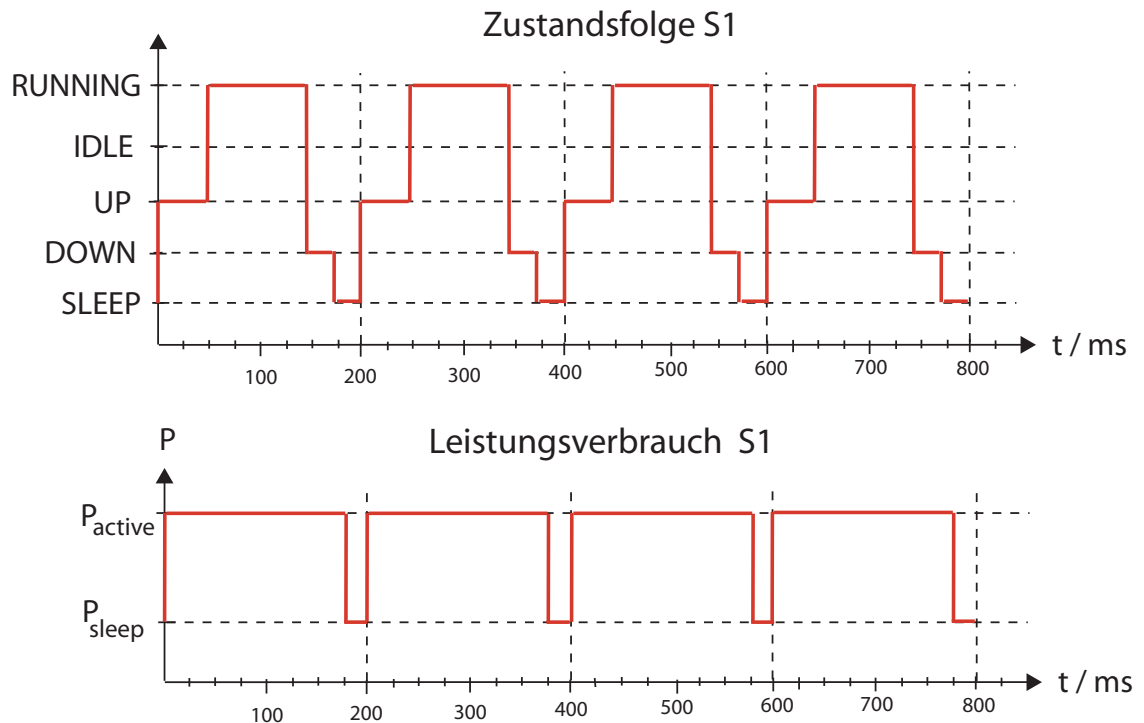
Es werden die Schedules S1, S2 und S3 betrachtet, für die jeweils eine Kombination von Constraints gemäss der untenstehenden Tabelle gilt. In den folgenden Teilaufgaben sollen die Schedules S1, S2 und S3 unter den gegebenen Constraints konstruiert werden, sodass der Energieverbrauch minimiert wird. Bitte beachten Sie, dass eine Markierung in der Tabelle bedeutet, dass ein Constraint bei einem gegebenen Schedule gültig ist. Als Beispiel muss bei Schedule S1 sowohl Constraint C1 als auch C2 eingehalten werden.

	Schedule S1	Schedule S2	Schedule S3
Constraint C1	×	×	
Constraint C2	×		
Constraint C3			×

- (a) (4 Punkte) Es gelte $T = 200\text{ms}$. Zeichnen sie sowohl die Zustandsfolge sowie den Leistungsverbrauch von Schedule S1 in die vorbereiteten Diagramme ein.



Lösungsvorschlag:



□

- (b) (4 Punkte) Für die Energieversorgung wird eine Energiequelle mit $E_{bat} = 1,3 \text{ kJ}$ eingesetzt. Wie gross darf – unter sonst gleichen Bedingungen – die Periode T maximal sein, damit Schedule S1 mindestens $5 \cdot 10^6$ Tasks bearbeiten kann? Was lässt sich dann über die maximale Betriebsdauer des Prozessors aussagen?

Lösungsvorschlag:

$$P_{active} = 1.2mW$$

$$T_{active} = 175ms$$

$$P_{active} * T_{active} * 5 * 10^6 = 1050J$$

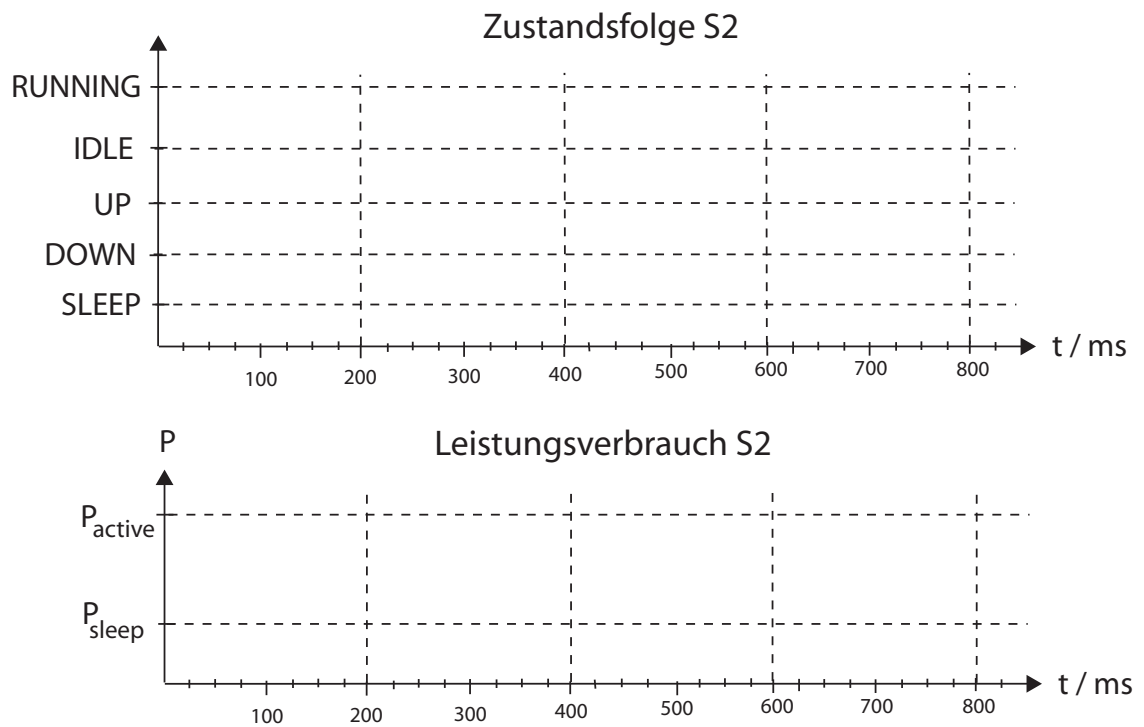
$$T_{sl} = \frac{250J}{5 * 10^6 * P_{sleep}} = 555.556ms$$

$$T = T_{sl} + T_{active}$$

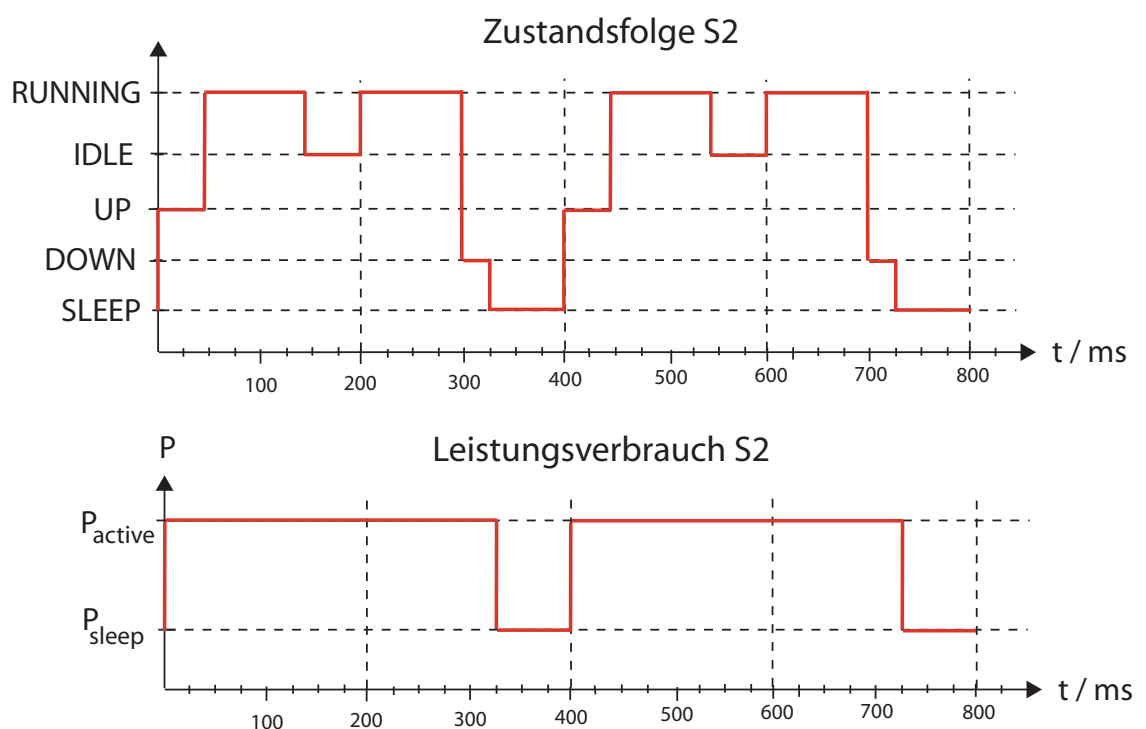
$$T \leq 730.556ms \quad \text{Betriebsdauer}_{max} = 5 * 10^6 * T \approx 42,2775 \text{ Tage}$$

□

- (c) (5 Punkte) Es gelte $T = 200\text{ms}$. Zeichnen sie sowohl die Zustandsfolge sowie den Leistungsverbrauch von Schedule S2 in die vorbereiteten Diagramme ein.



Lösungsvorschlag:



□

- (d) (3 Punkte) Es bezeichnet $\bar{E}_1$ ($\bar{E}_2$) den mittleren Energieverbrauch pro Periode T von Schedule S1 (S2). Bestimmen sie die Energiedifferenz $\Delta E = \bar{E}_1 - \bar{E}_2$ für $T = 200\text{ms}$.

Lösungsvorschlag:

$$\Delta E = \frac{(P_{\text{active}} - P_{\text{sleep}})(t_{UP} - (T - t_{UP} - t_{TASK} - t_{DOWN}))}{2} \approx 13.875 \mu J$$

□

- (e) (3 Punkte) Wie gross darf – unter sonst gleichen Bedingungen – die Periode T maximal sein, damit Schedule 2 gegenüber Schedule 1 Energie einsparen kann, d.h. $\Delta E > 0$ gilt?

Lösungsvorschlag:

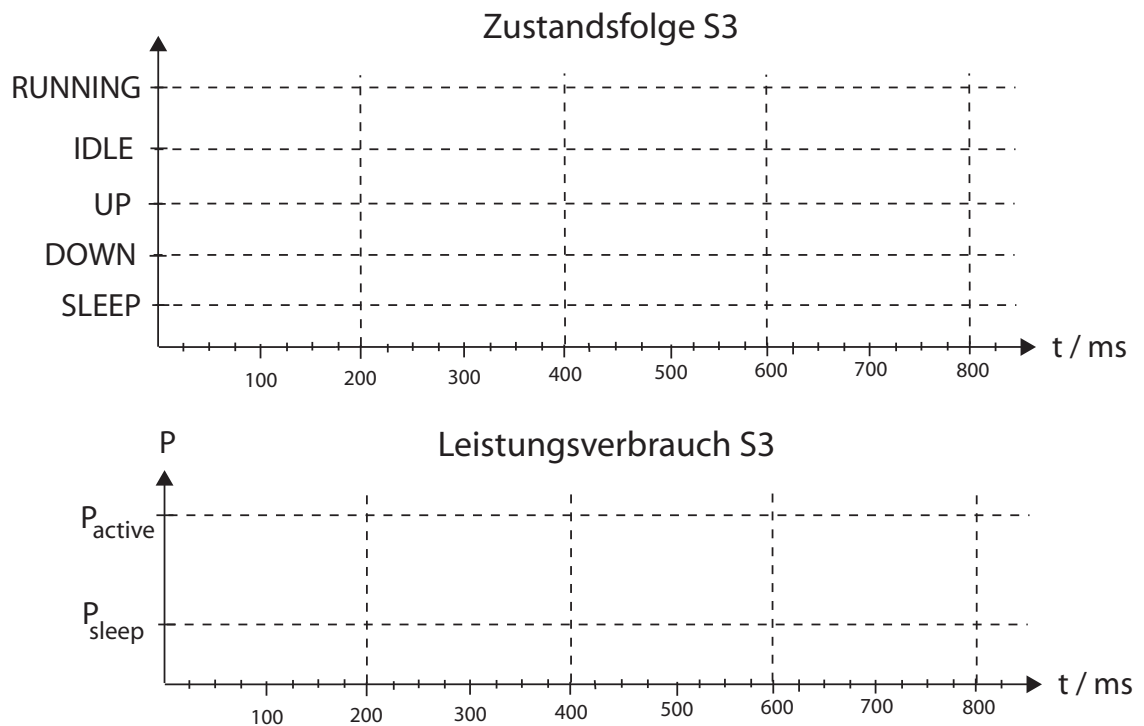
$$(t_{UP} - (T - t_{UP} - t_{TASK} - t_{DOWN})) > 0$$

$$50\text{ms} - (T - 175\text{ms}) > 0$$

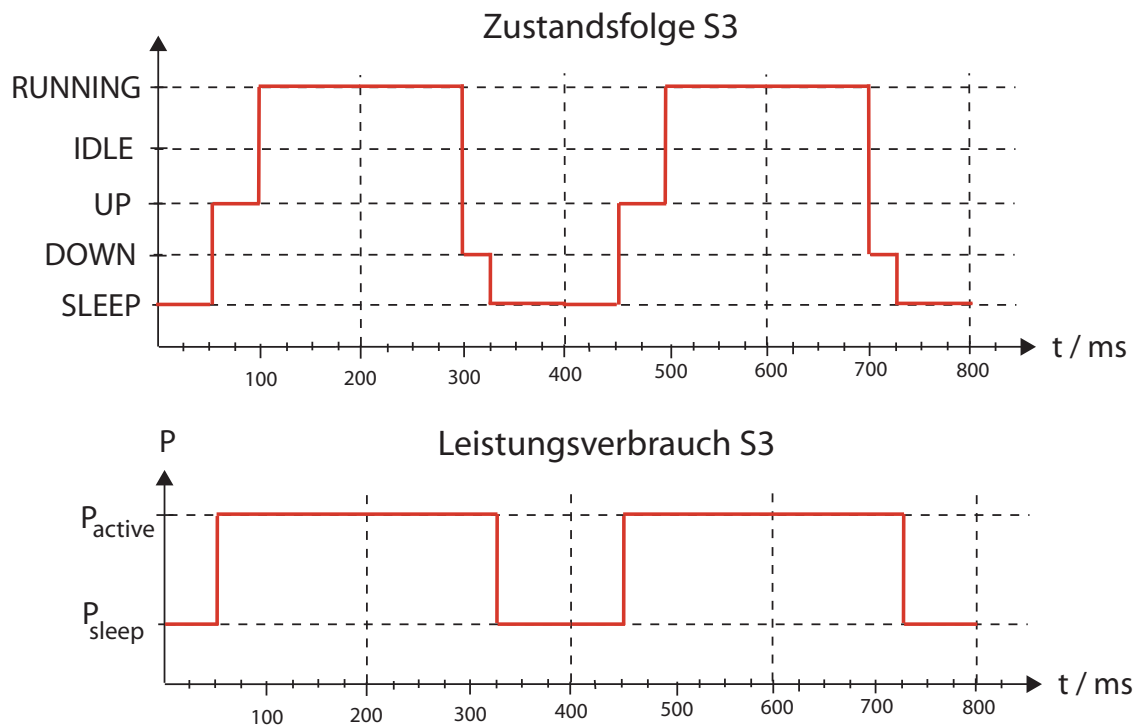
$$T < 225\text{ms}$$

□

- (f) (5 Punkte) Es gelte $T = 200\text{ms}$. Zeichnen sie sowohl die Zustandsfolge sowie den Leistungsverbrauch von Schedule S3 in die vorbereiteten Diagramme ein. Welche Nachteile weist Schedule S3 gegenüber den Schedules S1 und S2 auf?



Lösungsvorschlag:



Nachteile von Schedule S3: Erhöhte Reaktionszeiten auf Interrupts; Verletzung des Constraints C3 möglich bei schwankenden Bearbeitungszeiten t_{TASK} oder bei Interrupts mit Jitter (keine Reservezeit vorhanden).

□