

平成26年度 春期 応用情報技術者試験 午後問7（組込みシステム開発） 完全復習レポート

1. はじめに：本問題の学習価値とシステム概要

組込みエンジニアを目指す者にとって、本問題（園芸用自動給水器）は、ソフトウェアの論理設計とハードウェアの物理制約を融合させて考える「総合設計」の格好の教材です。単にプログラムを書くだけではなく、背後にあるハードウェアの挙動や、リソースの限界をどう制御するかという視点が不可欠です。

システムの全体像と戦略的重要設計

本システムは、図1および図2に示される通り、最大4つの給水ユニットを制御し、指定時刻に自動給水を行うものです。ここで最も注目すべきは、**「水圧維持のために同時給水を最大2ユニットに制限する」**という物理的制約です。この制約をソフトウェアでいかに確実に、かつ効率的に制御するかがシステム全体の信頼性を左右します。

本レポートの学習到達目標

この復習を通じて、以下のエンジニアリング・スキルを習得してください。

- RTOS（リアルタイムOS）におけるイベント駆動型タスク分割の最適化。
- 計数型セマフォを用いたリソース管理の実装判断。
- 物理マトリクス回路における電氣的リスク（短絡）の回避。
- 不揮発性メモリ容量の精密な算定と、IoT化を見据えたセキュリティ要件の定義。それでは、まずはシステムの核となるソフトウェアアーキテクチャの解析から着手しましょう。

2. 組込みソフトウェアアーキテクチャの解析

本システムはリアルタイムOS（RTOS）を採用し、機能ごとに独立したタスクを「イベントドリブンによるプリエンプティブ方式」で動作させています。エンジニアとして、各タスクの「待ち」と「起動」のトリガーを正確に読み解く必要があります。

タスク構造と役割の特定（設問1(1)）

表1の動作内容を構造的に俯瞰すると、タスク間の依存関係から空欄の正解が論理的に導き出されます。

- **a 給水設定タスク**：キースキャンタスクの説明には「キーコードを生成し、aタスクに送信する」とあります。一方、給水設定タスクには「キーコードを待ち、取得すると表示部に表示する」という対になる記述があります。この鏡合わせの記述から、aが **給水設定** であることは明白です。
- **b 給水弁操作タスク**：給水スケジュールタスクが「給水時間を指定して、bタスクを起動する」役割を持ちます。給水弁を物理的に制御する責務を持つのは **給水弁操作** タスク以外にあり得ません。**Senior Engineer's Insight: タスク優先度の設計思想** プリエンプティブ方式において、設計者は優先度を慎重に決定しなければな

りません。通常、ハードウェアの入力漏れを防ぐ「キースキャン（10ms周期）」や、正確な時刻管理を行う「給水スケジュール」は高い優先順位を与え、UI処理である「給水設定」はそれらより低く設定するのが組込み設計の鉄則です。

3. 計数型セマフォによる排他制御とリソース管理

物理的な供給能力（水圧）に限界がある場合、ソフトウェアによる交通整理が必須となります。本システムでは「計数型セマフォ」をリソースのチケットとして運用しています。

セマフォによるリソース管理（設問1(3)）

- **初期値 c の導出**：同時給水可能な最大ユニット数は「2」であるため、初期化タスクで設定すべきセマフォの初期値は **2** となります。
- **獲得対象 d の特定**：給水弁操作タスクは、弁を開くという「リソース消費」の直前に、必ず **セマフォ** を獲得しなければなりません。

「待ち状態」への遷移がもたらす効率性

特筆すべきは、セマフォが獲得できない場合の挙動です。タスクは「獲得できるまで待ち状態に移行する」とあります。これは「ポーリング（繰り返し確認）」ではなく、OSに実行権を明け渡すことを意味します。これにより、CPUリソースを無駄に消費せず、他のタスク（表示更新など）に処理を回すことが可能になります。物理制約をソフトウェアの「待ち」で解決する、RTOSの強力なメカニズムを理解してください。

4. ハードウェア制御：キースキャン回路と保護設計

組込みエンジニアには、物理回路図からソフトウェアの処理をイメージする能力が求められます。

マトリクス回路の解析（設問2(1)）

図3のキースキャン回路は、4×4のマトリクス構造です。表2の信号レベルを確認すると、P1の出力が「1（ハイ）」の時に、P5の入力が「1（ハイ）」となっています。図3において、列「P1」と行「P5」の交点に位置するスイッチを確認すると、正解は**「ユニット」**キーであることが分かります。

電气的リスクの回避（設問2(2)）

回路図にあるダイオードは、単なる逆流防止ではありません。 **「同一行にある複数のキーを同時に押す」 操作が行われた際、ダイオードがないと、ハイを出力しているポート（例：P0）からローを出力している他の出力ポート（例：P1）へ大電流が流れ込み、MCUのポートを 短絡（ショート）**させるリスクがあります。回路設計による保護と、ソフトウェアによる10ms周期の安定的なスキャン（チャタリング対策/デバウンス）が組み合わさって、初めて信頼性の高い入力インターフェースが成立します。

5. 設計上の考慮事項：メモリ容量とセキュリティ拡張

将来的な機能拡張やインターネット接続（IoT化）を想定した、データ設計と安全性の評価を行います。

メモリ容量の精密算定（設問1(2)）

不揮発性メモリの必要サイズは、仕様から厳密に算出します。

- ユニット数：4
- 1ユニットあたりの最大予約数：4回
- 1設定あたりのデータサイズ：8バイト

$$4(\text{ユニット}) \times 4(\text{予約数}) \times 8(\text{バイト}) = 128(\text{バイト})$$

計算結果から、128 バイトが導き出されます。

セキュリティと機能拡張の妥当性（設問3、設問4）

ネットワーク拡張時、なりすまし防止のための **e 認証** と、データ漏洩防止のための **f 暗号化** は現代の組込みシステムにおいて必須の要件です。また、設問3で問われている「給水時刻の重複制限」は、**給水設定** タスクに追加すべきです。これには明確な設計思想があります。

1. **UXの向上**：ユーザーが入力した瞬間にエラーを出すことで、後から「給水されなかった」と気づく事態を防ぎます。
2. **Fail-Fast（早期失敗）原則**：不正なデータは入力段階で排除し、スケジュール実行時の実行時複雑性を低減させるべきです。

6. 結論：信頼性の高い組込みシステム設計に向けて

本問題の解析を通じて浮き彫りになったのは、組込み開発における「境界（インターフェース）」の重要性です。

- **物理制約とソフトの境界**：セマフォによる水圧制御。
- **電気回路とソフトの境界**：ダイオードとキースキャンによる短絡防止とチャタリング対策。
- **ネットワークとシステムの境界**：認証と暗号化による安全性の担保。応用情報技術者試験で求められる「仕様の正確な読み取り」とは、これらの境界で何が起きているかを論理的に推論する力に他なりません。実務においても、ソフトウェア単体で解決しようとせず、常にハードウェアや外部環境を含めた「総合設計」の視点を持ってください。この訓練が、堅牢で信頼性の高いシステムを構築するための揺るぎない土台となります。