

Місце дисципліни в системі підготовки фахівця з електроніки. Основні поняття і визначення програмованих вбудованих електронних систем. Особливості вбудованих електронних систем. Мініатюризація розмірів і процес тестування. Мінімізація енергоспоживання. Багатозадачність. Програмно-апаратний дуалізм.

1.1. Що таке вбудована система?

1.1. Що таке вбудована система? Будь-яка механічна або електрична система, яка має у своєму складі пристрій керування, виконане на основі обчислювача, називається вбудованою системою (Embedded System). Перед тим, як ми продовжимо, слід дати визначення терміну "обчислювач". Усі обчислювачі обов'язково складаються з наступних функціональних блоків: центрального процесора (ЦП), запам'ятовуючого пристрою (ЗУ) пристрою вводу/виводу (УВВ) і міжмодульних магістралей. Центральний процесор містить в собі арифметико-логічний пристрій (АЛУ), пристрій керування і деяка кількість регістрів. АЛУ виконує операції над даними, які представлені в цифровому коді. Типовими для АЛУ є наступні арифметичні і логічні операції: складання, віднімання, множення, ділення, логічні операції І, АБО, ВИКЛЮЧНЕ АБО, ІНВЕРСІЯ (НЕ).

Обчислювач, центральний процесор якого виконаний на основі однієї великої інтегральної схеми (ІС), що іменується мікропроцесором (МП), називають МІКРО-ЕОМ. Найвідоміший приклад МІКРО-ЕОМ - це персональний комп'ютер (ПК). Інтегральні схеми, які об'єднують на одному напівпровідниковому кристалі усі основні функціональні блоки обчислювача, тобто центральний процесор, запам'ятовуючий пристрій, пристрої для введення і виведення інформації і міжмодульні магістралі, називають мікроконтролером (МК).

Блок пам'яті обчислювача або мікроконтролера зберігає коди програми і дані, які потрібні для виконання обчислень. За способом організації блоку пам'яті розрізняють обчислювальні системи з архітектурою фон Неймана або з Гарвардською архітектурою. Архітектура фон Неймана надає можливість зберігати в одних і тих же елементах пам'яті, як код програми, так і даних. При Гарвардській архітектурі для коду програми і для даних виділені окремі області пам'яті. Гарвардську архітектуру можна зустріти в потужних обчислювальних системах, для яких характерна наявність області кеш пам'яті. В цілому архітектура сучасних комп'ютерів і мікроконтролерів є деякою оригінальною структурою на основі цих двох типів архітектури.

Пристрої вводу/виводу забезпечують зв'язок центрального процесора з зовнішнім світом. Зазвичай пристрої введення використовуються для прийому в

обчислювальну систему інформації з датчиків, що фіксують стан керованого об'єкту, а також для прийому команд управління від оператора. Пристрої виведення призначаються для видачі команд і сигналів управління об'єктом, а також для відображення інформації про поточний стан об'єкта. Система міжмодульних магістралей забезпечує з'єднання трьох ~~перерахованих~~ блоків: центрального процесора, пам'яті і пристроїв вводу/виводу, створюючи на їх основі обчислювальну систему. По магістралях передаються коди програми, дані і сигнали управління. Кожному виду сигналів відповідає однойменна магістраль системної шини комп'ютера: магістраль адреси, магістраль даних і магістраль управління.

Повернемося до вбудованих систем. Нагадаємо, що вбудованою системою називається система, керована обчислювачем, що є невідомою складовою частиною цієї системи. Слід розрізнити обчислювачі загального застосування, які називають комп'ютерами, і обчислювачі вбудованих систем. Комп'ютер загального застосування, наприклад, ноутбук, може виконувати безліч програм, починаючи від текстового редактора, закінчуючи складними розрахунковими завданнями моделювання механічних конструкцій і електронних схем. Обчислювач вбудованої системи, який може бути реалізований на процесорі з не меншою обчислювальною здатністю, ніж ноутбук, виконує тільки спеціальну програму управління. При цьому обчислювач вбудованої системи може мати додаткові апаратні засоби, які будуть відрізняти його від комп'ютера загального застосування.

Обчислювачі вбудованих систем не є деяким доповненням до знайомого Вам світу персональних комп'ютерів. Ви здивуєтеся, якщо дізнаєтеся, що щорічно обсяг продажів вбудованих систем значно перевищує обсяг продажів персональних комп'ютерів. Так у 2000 році було продано 150 мільйонів комп'ютерів загального застосування, в той час, як обсяг продажів вбудованих систем в тому ж році обчислювався 8000 мільйонами. Більшість сучасних вбудованих систем виконується на основі мікроконтролерів (МК) - обчислювачів, всі функціональні блоки яких об'єднані на одному напівпровідниковому кристалі. Конструктивно МК являє собою одну інтегральну схему (ІС) із значним ступенем інтеграції.

Нині багато виробників напівпровідникових компонентів, такі як Intel, Microchip, Hitachi, NEC, Atmel, Texas Instruments та ін., випускають мікроконтролери різної складності. Відносно прості МК знаходять застосування в побутовій техніці та іграшках. Найбільш складні високопродуктивні МК

використовуються в комунікаційному устаткуванні, для управління літаками і військовою технікою.

Вбудовані системи на основі МК оточують Вас з усіх боків. Ви не можете прожити без них і години. Наприклад, Ваш будильник, телефон і кишеньковий комп'ютер - усе це вбудовані системи на мікроконтролерах. Ваш будинок буквально переповнений вбудованими системами: кавоварка, телевізор з дистанційним пультом управління, пральна машина, кухонний комбайн, електрична духовка і НВЧ піч, холодильник, система охоронної сигналізації, музичний центр і DVD програвач. І це ще не усі домашні пристрої.

. А сучасний автомобіль? Він щодня «возить з собою» від 10 до 50 мікроконтролерів. Вбудовані МК роблять агрегати автомобіля більш безпечними, економічними, забезпечують легкість управління і комфортабельність руху. Мікроконтролери використовуються в системі впорскування палива і системі гальмування, для керування трансмісією і рульовою колонкою, в пристроях приладової панелі, маршрутного комп'ютера, центрального замку і аудіо системи. Мікроконтролери нагрівають або охолоджують сидіння автомобіля, повертають дзеркала, обертають фари, керують рухом двірників і стекол дверей. У деяких моделях вони можуть навіть виміряти тиск в шинах, показати маршрут до мети призначення, визначити втому водія. Справді, переміщення на автомобілі не було б привабливим без всіх цих вбудованих систем?

А тепер звернемося до тих галузей нашого існування, в яких вбудовані мікропроцесорні системи відіграють ключову роль. Технічні і суспільні системи, перераховані на рис. 1.1, просто не могли б існувати без різноманітних вбудованих систем, таких як наша військова безпека та система комунікацій для управління державою ґрунтуються на множині високопродуктивних вбудованих систем. На борту орбітальних космічних станцій і супутників вираховують і керують вбудовані системи. Будь-який сучасний верстат і вимірювальний прилад – це теж вбудована система. Більшість складних медичних діагностичних комплексів використовують для обробки результатів вбудовані системи. Вдосконалення вузлів сучасного автомобіля і інших транспортних засобів також немислимо без вбудованих систем. І нарешті, побутова техніка і облаштування домашньої розваги з мультимедійними технологіями - усе це вбудовані системи.

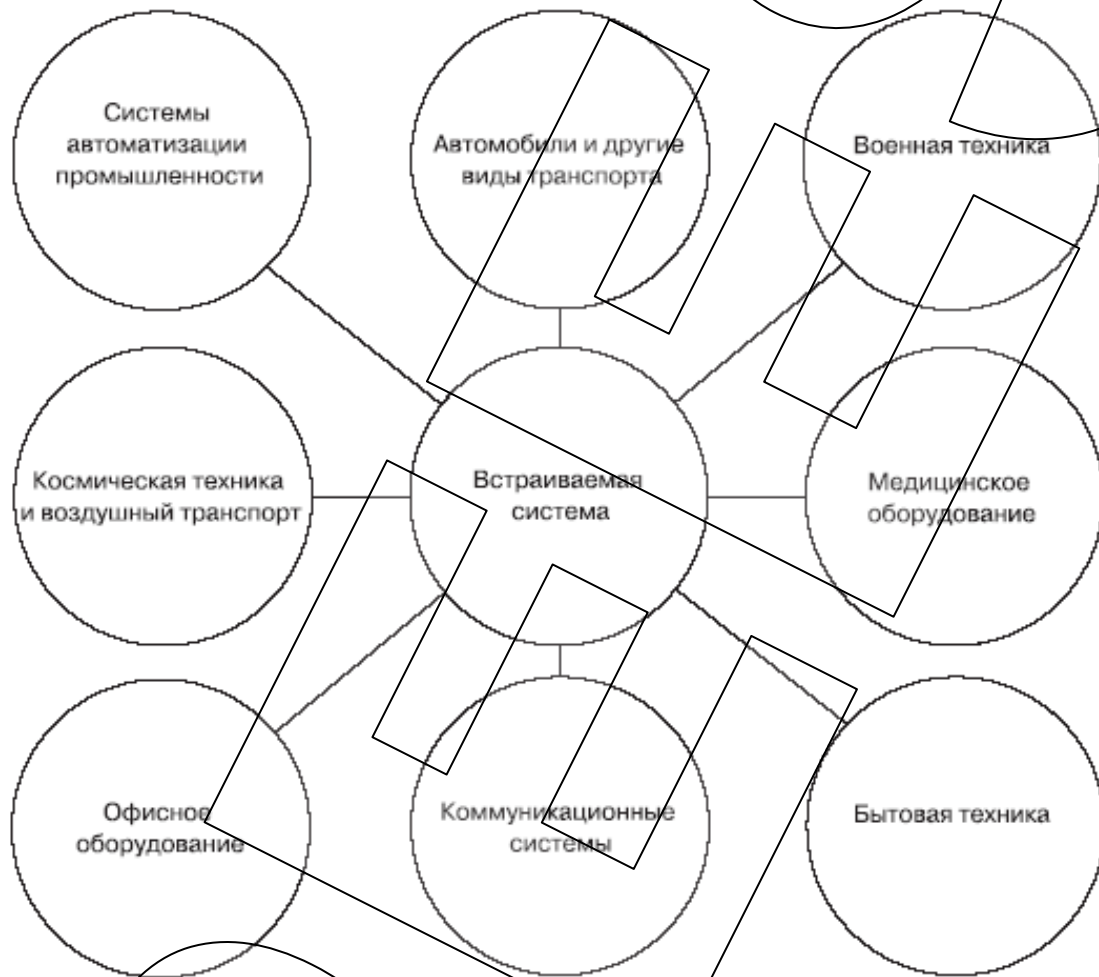


Рис. 1.1. Области застосування вбудованих систем

1.2. Особливості вбудованих систем

Вбудовані системи істотно відрізняються від комп'ютерів загального застосування. На початковому етапі проектування розробником вбудованої системи мають бути вирішені специфічні проблеми.

1.2.1. Робота в реальному часі

Коли ми говоримо, що вбудована система повинна працювати в реальному масштабі часу, ми маємо на увазі, що система повинна робити певні обчислення за строго визначені інтервали часу. Якщо система не може зробити необхідні обчислення за відведений часовий інтервал, то у кращому разі об'єкт її управління працюватиме з низькими технічними характеристиками, а в гіршому випадку буде створена аварійна ситуація. Використовуючи термін "обчислення в реальному часі", ми маємо на увазі, що інтервал часу, що надається для цих обчислень, обмежений. При цьому його чисельне значення визначається конкретним завданням і може істотно розрізнятися для різних систем. Наприклад, система

антиблокування коліс автомобіля повинна опитати датчики стану кожного з чотирьох коліс (колесо ковзає або котиться) і виробити необхідні сигнали для приводів гальм впродовж декількох мілісекунд. Про таке завдання ми говоримо, що вона виконується в реальному часі. Інший приклад - система GPS навігації автомобіля, яка повинна оновлювати карту на дисплеї в кабіні водія за декілька секунд. Це теж буде система реального часу. Проте обчислювальну систему, яка розраховує оптимальні коефіцієнти складного цифрового фільтру впродовж трьох годин, ми не називаємо системою реального часу, оскільки час її виконання важливий, але не критично для користувача.

Познайомившись з термінологією, давайте обговоримо, якою має бути вбудована система для того, щоб успішно працювати в реальному часі. По-перше, система має бути розроблена так, щоб необхідний цикл обчислень укладався у відведений часовий інтервал. Для цього необхідно вибрати відповідну обчислювальну продуктивність мікроконтролера, розробити ефективний за швидкістю алгоритм, розробити схеми інтерфейсів з мінімально можливими затримками в передачі сигналів. По-друге, вбудована система повинна мати стійкість по відношенню до зовнішніх даних. Припустимо, для формування результату система повинна отримувати дані ззовні. А ці дані не прийшли вчасно. Тоді система не може видати необхідний результат в необхідний момент часу, проте вона не повинна "зависнути". Вона повинна продовжити поставляти результати в реальному часі, але в іншому, можливо скороченому вигляді.

В протилежність системам реального часу комп'ютери загального призначення не мають жорсткого обмеження за часом виконання програми. Довге очікування завершення розрахунків може засмутити користувача, але не приведе до помітних негативних наслідків. А ось якщо вбудована в медичне устаткування система не виконає завдання за відведений для неї термін, то це може закінчитися в деяких випадках і смертельним результатом. Тому організація роботи вбудованих систем в реальному часі є однією з основних проблем проектування.

1.2.2. Мініатюризація розмірів та процес тестування

Багато сучасних систем повинні вбудовуватися в досить мініатюрні пристрої, такі як мобільний телефон, пульт управління телевізором, датчик витрати води і т. д. Дуже часто геометрія друкованої плати системи визначається корпусом того пристрою, для якого вона призначається. Тому мініатюризація виконання - одна з проблем розробника сучасних вбудованих систем.

Інша важлива проблема - облік на початковій стадії розробки способів тестування готового виробу, як на етапі розробки, так і на етапі виробництва. Більшість вбудованих систем повинна мати внутрішні тестові програми, які дозволяють швидко і з великою мірою достовірності переконатися в працездатності програми управління.

1.2.3. Мінімізація споживчої енергії

Розробники комп'ютерів загального призначення (за винятком ноутбуків) приділяють значно менше уваги питанням енергоспоживання пристрою, ніж розробники вбудованих систем. Річ у тому, що, по-перше, персональні комп'ютери живляться від централізованої мережі, яка не накладає істотних обмежень на енергію споживання, і, по-друге, об'єм корпусу персонального комп'ютера досить великий для розміщення в нім облаштування примусового охолодження. В протилежність комп'ютерам загального призначення, сучасні вбудовані системи повинні працювати в умовах різкого обмеження споживаної енергії, оскільки число вбудованих систем з автономним живленням безперервно зростає. До того ж користувачі пред'являють все більші вимоги до мініатюризації систем. Згадайте сучасний мобільний телефон, кишеньковий електронний органайзер, DVD- плеєр.

Для обмеження енергії споживання розробники використовують різні рішення. Одним з них є зниження частоти такту МК. Проте така міра має обмеження, оскільки для будь-якого завдання реального часу є обмеження знизу по обчислювальній продуктивності. Іншим рішенням (чи додатковим до першого) є тимчасове відключення живлення тих периферійних модулів МК, які в даний момент виконання програми не використовуються. Апаратні засоби сучасних МК надають таку можливість. Останній спосіб вимагає особливої уваги розробника, оскільки відключення якого-небудь модуля у складі системи може привести до зміни електричних характеристик її входів і виходів, яке не повинне позначитися на працездатності системи в цілому.

1.2.4. Інтерфейс користувача та інтерфейс сполучення з об'єктом

Будь-яка вбудована система повинна взаємодіяти з користувачем або з довкіллям. Наприклад, робот, що переміщається в просторі, повинен за допомогою інфрачервоних датчиків виявляти перешкоди і обходити їх.

Мікрохвильова піч повинна взаємодіяти з людиною за допомогою кнопок режимів, встановлених на передній панелі приладу. А система охоронної сигналізації повинна взаємодіяти як з датчиками збереження приміщення, так і з органами управління людиною. Подібні приклади можуть бути продовжені. І на їх

основі можна зробити висновок, що для розробника вбудованих систем питання знаходження рішень по взаємодії з людиною і з об'єктом управління є надзвичайно важливим завданням. Причому можливі рішення лежать на стику вибору типу датчиків (включаючи принцип дії датчика), дизайн-проекта, конструктивного виконання, апаратного рішення електронних блоків і, нарешті, алгоритмів обробки інформації.

1.2.5. Обмеження обсягу пам'яті

Постійне збільшення об'єму пам'яті ПК, яке не супроводжується пропорційним збільшенням її вартості. Тому програмісти для ПК удосконалюють свої продукти, у тому числі, використовуючи без обмеження збільшення об'єму пам'яті програм. Вбудовані системи не надають розробникові такої можливості, оскільки об'єм резидентної пам'яті МК істотно впливає на його вартість. Сучасна елементна база дозволяє виконати мобільний телефон з декількома Гб внутрішньої пам'яті, проте яка кількість покупців побажає купити досить дорогий пристрій? Тому розробка рішень з мінімізацією витрат пам'яті - один з напрямів вдосконалення вбудованих систем.

1.2.6. Багатозадачність

Більшість вбудованих систем повинна обслуговувати в реальному часі відразу декілька зовнішніх пристроїв. Причому періоди повторення алгоритмів обчислення в реальному часі для кожного з пристроїв розрізняються. При розробці таких систем розробник стоїть перед дилемою, використати для вирішення завдання один високошвидкісний МК, або зробити мультипроцесорну систему, в якій для кожного завдання буде використаний власний мікропроцесор або мікроконтроллер.

1.2.7. Мінімізація вартості

Велика кількість вбудованих систем призначена для управління недорогими обладнаннями масового попиту, такими як НВЧ піч, мобільний телефон і тому подібне. Успіх реалізації таких пристроїв визначатиметься їх кінцевою вартістю, що накладає жорсткі обмеження на вартість вбудованої системи. Кожна вбудована система має безліч можливих рішень, як на рівні способу реалізації (мікроконтроллер або програмована логічна матриця, варіації інтерфейсних схем до того і іншого рішення), так і на рівні вибору конкретної елементної бази. Тому вибір правильної стратегії проектування з метою мінімізації вартості - одна з основних проблем проектування вбудованої системи.

1.2.8. Программно-апаратний дуалізм

Велика кількість вбудованих систем може бути реалізована як на МК з відповідною програмою для керування, так і на основі високоінтегрованої жорсткої логіки, наприклад, на програмованих логічних ІС. Перше рішення має більшу гнучкість, оскільки програма для керування може бути багаторазово допрацьована без зміни апаратного рішення пристрою. Друге рішення обов'язково буде більше швидкодіючим в порівнянні з першим. Можливі і комбіновані варіанти рішення, при яких частина функцій буде покладена на МК, а частина - на облаштування жорсткої логіки. Вибір способу реалізації залишається за розробником.