

ЛЕКЦІЯ 2

Роль і місце вбудованих систем

1.1. Особливості вбудованих систем

Сучасні вбудовані системи управління реального часу (Embedded Systems, або в нашій термінології ВбС,) представляють собою результат міждисциплінарного проектування, в якому умовно можна виділити три основні складові.

- Етап рішення задачі на прикладному рівні, коли необхідно знайти правильні методи і алгоритми без деталей реалізації. Це сфера діяльності прикладних фахівців з відповідних областей (фізика, енергетика, медицина, лінгвістика, біологія та ін.).
- Процес програмування, в ході якого потрібно відобразити отримане прикладне рішення на технологічну базу інформатики та обчислювальної техніки (ОТ). Це робота фахівців з галузі інформатики, сьогодні все частіше її називають архітектурним, високорівневим або системним проектуванням.
- Фаза реалізації, в ході якої інженери, програмісти і прикладні фахівці забезпечують виконання раніше сформульованих вимог, таких як необхідна функціональність, динаміка поведінки, надійність і безпека функціонування, габарити, енергоспоживання, вартість і технологічність при тиражуванні.

До складу простий ВбС входять:

- мікропроцесорний модуль з пам'яттю;
- периферійна система: датчики, виконавчі елементи і контролери вводу-виводу для зв'язку з об'єктом управління, пристрої людино-машинного інтерфейсу (при необхідності);
- система електроживлення;
- об'єднувальний конструктив (корпус);
- керуюче програмне забезпечення (ПЗ).

Пристрої зв'язку з об'єктом (ПЗО) зазвичай містять аналого-цифрові і цифро-аналогові перетворювачі, порти дискретного вводу-виводу, схеми гальванічної ізоляції та інші елементи. Все це може доповнюватися різноманітними комунікаційними модулями і пристроями пам'яті. Основними особливостями ВбС вважаються:

- робота в реальному масштабі часу (майже завжди);

- різноманітні, часто важкі, умови експлуатації;
- автономність роботи (обмеження електроживлення);
- високі вимоги надійності і безпеки функціонування;
- обмеженість ресурсів (низькоструміві кола).

ВБС відносяться до категорії систем з переважно програмною реалізацією (Software-Intensive або Software-Dominated Systems). Це означає, більшість функціональності системи реалізується програмним способом. Програмованість і конфігурованість пронизують всі рівні і компоненти ВБС у все більшій мірі. Складність і питома вага програмної складової в ВБС стрімко зростає. З'явився навіть термін «вбудоване програмне забезпечення» (Embedded Software), що підкреслює особливі властивості такого ПЗ і технологій його створення. Елементну базу ВБС складають електронні, оптичні, механічні та інші фізичні компоненти (елементи, модулі, блоки), з яких складається фізична реалізація ВБС. Сьогодні в переліку таких компонентів знаходяться складні мікросхеми процесорів (мікропроцесори), контролерів, акселераторів, системні плати обчислювачів. У свою чергу, до складу таких елементів входять програмні засоби (завантажувачі, стеки протоколів тощо), які розміщуються у вбудованих блоках постійної пам'яті. Таким чином, навіть традиційне уявлення обчислювальної елементної бази виходить далеко за межі опису тільки конструкції і схемотехніки, зачіпаючи все більше питання системотехніки, програмування, архітектури.

Найбільш широко використовуваними сьогодні в індустрії є наступні платформи:

- промислові ПК;
- програмовані логічні контролери (ПЛК, PLC) і програмовані контролери автоматизації (ПАК, PAC);
- мобільні та інтернет-пристрої (смартфони і планшети);
- мікроконтролери, сигнальні процесори (DSP);
- програмована логіка ПЛІС (PLD, FPGA);
- замовні НВІС (НадВеликі Інтегральні Схеми) (ASIC, ASIP, SoC, Network on Chip - NoC).

1.2. Визначення, класифікація ВбС

Зародження вбудованих систем відбувалося на початку п'ятидесятих років. У той час комп'ютери виготовлялися на громіздкій елементній базі і були вкрай ненадійними. Для нормальної роботи таких машин були потрібні ідеальні умови експлуатації. Клас обчислювальних систем, призначених для управління і максимально віддалених від об'єкта керування, називали інформаційно-керуючими системами (ІКС). З появою комп'ютерних мереж, приблизно в 70-х роках, з'явилася можливість будувати розподілені або мережеві ІКС. Поява інтегральних мікросхем, а також мікропроцесорів дала можливість наблизити ІКС безпосередньо до об'єкта управління, або навіть вбудувати в нього ЕОМ. Так з'явилися перші вбудовані системи (Embedded System). Поступово, у міру здешевлення елементної бази та збільшення ступеня її інтеграції та збільшення надійності обчислювальних пристроїв з'явилася можливість встановлювати ЕОМ в різні місця об'єкта керування, об'єднуючи всі обчислювальні вузли в єдину контролерну мережу. У процесі подальшого розвитку, завдяки ще більшій мініатюризації і дифузії з об'єктом керування з'явилися так звані кіберфізичні системи, (CPS, Cyber Physical System). CPS характеризуються глибоким зрощенням з механічними, оптичними, хімічними і біологічними системами.

Отже, за ступенем проникнення обчислювальної системи в об'єкт керування можна виділити:

- Інформаційно-керуючі системи (ІКС).
- Розподілені інформаційно-керуючі системи (РІКС).
- Вбудовані системи (Embedded System, ES).
- Мережеві вбудовані системи (Networked Embedded System, NES).
- Кіберфізичні системи (Cyber Physical System, CPS).

Останнім часом, через прогрес в області обчислювальної техніки, зміст терміну вбудована система досить сильно видозмінився і розмився. Вміру розвитку техніки відбувалася еволюція позначення класу керуючих комп'ютерних систем: від інформаційно-керуючої системи до вбудованої, від вбудованої до вбудовано-мережевої, а від вбудовано-мережевої до кіберфізичної. У процесі розвитку, відбувалася плавна інтеграція обчислювальної системи і об'єкта керування. Якщо перші ІКС представляли собою систему, практично не пов'язану з об'єктом керування, то сучасні

кіберфізичні системи дуже і дуже тісно інтегровані з об'єктом керування. Існує безліч визначень терміну «вбудована система» (embedded system), наведемо деякі з них:

Вбудовані обчислювальні системи (ВБОС) – спеціалізовані (замовні) обчислювальні системи, що безпосередньо взаємодіють з об'єктом контролю або управління і об'єднані з ним єдиною конструкцією.

Вбудована обчислювальна система – спеціалізована інформаційнокеруюча система (ІКС) для виконання певного набору функцій.

Вбудована обчислювальна система – будь-яка система, яка використовує комп'ютер як елемент, але чия основна функція не є функцією комп'ютера. Приклади ВБОС: DVD-програвач, світлофор, банкомат, паркомат і т.д. Вбудованою системою можна вважати будь-яку обчислювальну систему, яка не є ПК, портативним комп'ютером (laptop) або великим універсальним комп'ютером (mainframe computer).

Вбудована обчислювальна система – пристрій, який включає в себе програмований комп'ютер, але не є при цьому комп'ютером загального призначення.

Вбудована обчислювальна система – практично будь-яка обчислювальна система, яка не є настільним комп'ютером.

Вбудована система – система спеціального призначення, в якій обчислювальний елемент повністю вбудовується у пристрій, яким вона керує. На відміну від універсального комп'ютера, вбудована система виконує одну або кілька визначених завдань, зазвичай з дуже конкретними вимогами. У технічному сенсі вбудована система взаємодіє з навколишнім середовищем контрольованим чином, задовольняючи ряд вимог на здатність реагувати в сенсі якості та своєчасності. Як правило, вона повинна задовольняти вимогам реалізації, таким як вартість, споживана потужність і використання 12 обмежених фізичних ресурсів. В ідеалі вона повинна взаємодіяти з середовищем протягом всього життя об'єкта. Як правило, ВБС є частиною більшої системи або вбудовується безпосередньо в об'єкт керування. ВБС – це системи «глибоко інтегровані» з об'єктами фізичного світу. Їх елементи практично завжди обмежені в ресурсах. Це системи тривалого життєвого циклу, часто автономні. Масштаб цих систем за розмірами і складності змінюється в дуже широких межах. Ці системи розраховані на непрофесійних користувачів і разом з тим, часто виконують критично важливі функції.

Вбудовувані обчислювальні системи можна класифікувати:

- за областю застосування/призначенням;
- за співвідношенням інформаційних і керуючих функцій, тобто система переважно інформаційна (система збору даних) або керуюча (система автоматичного керування);
- за просторовою локалізацією апаратних блоків: о просторово локалізовані; о просторово розосереджені.
- за співвідношенням обчислювальної (обробка даних) і комунікаційної (функція вводу-виводу даних) складової;
- за ступенем участі людини: о автоматичні системи – системи, в яких оператор виконує тільки функції початкового налаштування і оперативного корегування параметрів і режимів роботи системи. Функції збору даних, передачі та виконання команд управління, оперативне вироблення команд керування відбуваються без участі людини; о автоматизовані системи – системи, в яких оператор частково або у повному обсязі забезпечує оперативну обробку даних і формування команд керування виконавчими пристроями (наприклад, телекерування).
- за організацією обробки даних, обчислень (централізовані, децентралізовані);
- за розподілом на рівні завдань і/або функцій між фізичними/логічними модулями системи.

1.3. Режим реального часу

Особливість роботи вбудованої системи полягає в наявності необхідності роботи в реальному масштабі часу (або просто в реальному часі).

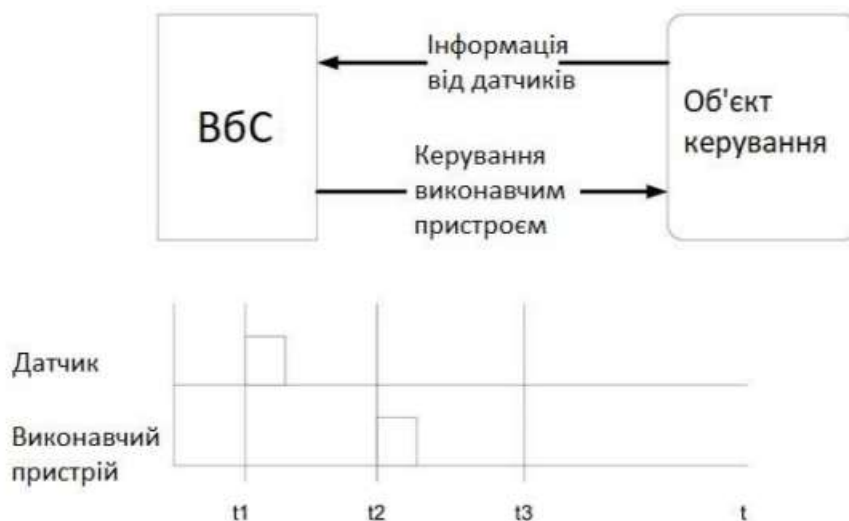


Рис. 1.1. Робота в реальному часі

На Рис. 1.1 показано три часи:

t_1 - час отримання сигналу з датчика,

t_2 - час видачі керуючого впливу на виконавчий пристрій.

В крайній момент видачі керуючого впливу, якщо з якої-небудь причини видача керуючого сигналу затримається, сигнал буде вироблений після t_3 , керуючий сигнал буде марний або навіть шкідливий. Як приклад розглянемо систему управління склопідйомниками в автомобілі. Якщо ВБС ігнорує сигнал датчика положення скла, або скло, або механізм, що подає скло, можуть бути зіпсовані.

Система реального часу – обчислювальна система з гарантованим часом реакції на події.

Система реального часу (СРЧ) – будь-яка обчислювальна система, в якій час формування вихідного впливу є суттєвим.

Приклади СРЧ – керування технологічними процесами, вбудовані обчислювальні системи, касові торгові системи і т.д.

Принципова відмінність інформаційних систем (Information Technology) від систем реального часу (Real-time) в трактуванні параметра «реакція вхід-вихід»: «The right answer late is wrong» «Правильна відповідь пізно = неправильна»

До особливостей вбудованих систем відноситься необхідність забезпечення надійності, безпеки і гарантованого часу реакції. Дотримання

гарантованого часу відповіді зазвичай називають роботою в реальному часі. ВБС отримує інформацію про об'єкт керування за допомогою датчиків. У відповідь на отриману інформацію ВБС виробляє керуючий вплив і передає його об'єкту керування через пристрій сполучення з об'єктом. Час, що протікає між отриманням інформації від об'єкта керування і видачі сигналу управління від ВБС, ми назвемо часом реакції. Система реального часу не повинна бути обов'язково швидкою. Це поширена помилка. Система реального часу повинна видавати керуючі сигнали у відповідь на інформацію, що надходить від датчиків в гарантовані проміжки часу. За ступенем важливості наслідків недотримання часу реакції зазвичай виділяють дві групи систем реального часу:

- Система м'якого реального часу;
- Система жорсткого реального часу.

Система м'якого реального часу (soft real-time system) – затримки задаються середніми величинами. Має місце в організації бізнес-процесів і в торгівлі.

Система жорсткого реального часу – це система реального часу, невиконання тимчасових обмежень якої призводить до катастрофічних наслідків для цільової функції системи. Має місце в разі військових, космічних, промислових застосувань.