

BRUNO JACIEL DE MELLO
MARIA JULIA LAMIM SEVERINO

CONCORRÊNCIA E MULTITHREAD EM STR

Relatório apresentado como requisito parcial
para a obtenção da M2 da disciplina de Sistema
em Tempo Real do curso de Engenharia de
Computação pela Universidade do Vale do
Itajaí da Escola Politécnica.
Orientador Prof. Felipe Viel.

Itajaí

2023

1. PROJETO

Uma fabricante de automóveis quer testar um novo sistema de monitoramento do comportamento de várias áreas de um veículo no qual ela está projetando. O projeto é novo e permitirá controle e noção do que está acontecendo em todo o veículo. A empresa, em um primeiro momento, dividiu o carro em 4 subsistemas: (i) motor; (ii) frenagem; (iii) equipamentos de suporte a vida; e (iv) LVT (luz, vidros e travas). No motor, deve-se monitorar e controlar a injeção eletrônica e temperatura interna. Na frenagem, deve-se monitorar e controlar o ABS nas duas rodas dianteiras. Nos equipamentos de suporte a vida, deve-se monitorar e controlar o airbag e cinto de segurança. Já no LVT, deve-se monitorar e controlar a luz dos faróis dianteiros, sistema de vidros elétricos do motorista e passageiro (só parte da frente) e trava das duas portas da frente. Todos os sistemas se conectam a um computador de bordo central, que deve fornecer, reter e controlar ações destes sistemas. Cada sistema conta com um sensor e um controlador (totalizando 12 sensores e 12 controladores). Você deve assumir que todos os sensores e controladores estão na mesma distância (1 m) do computador de bordo e que o tempo de envio de dados é de 1 Mbps, sendo que os dados podem demorar até 10 μ s para se propagar pelo fio (do nodo até o computador). Os deadlines relativos para uma ação de controle (após detecção do sensor) são:

- Injeção eletrônica: 500 μ s após alteração no pedal
- Temperatura do motor: 20 ms após detecção de temperatura acima do limite
- ABS: 100 ms após acionamento no pedal
- Airbag: 100 ms após detecção de choque
- Cinto de segurança: 1 segundo após carro em movimento
- LVT: 1 segundo após interação do usuário

O computador de bordo deve também alimentar um display para o usuário com alertas de informações (mensagens com caracteres). A atualização do display deverá sempre ser de 500 ms.

A empresa avaliou em uma reunião técnica que os resultados das implementações poderiam ser melhores com o uso de múltiplos núcleos (mais que 2) e que a aplicação de multithread (concorrência e paralelismo) se torna viável. Ela gostaria de monitorar todos os sensores indicados acima e, após amostrar todos os sensores, exibir em um display (ou tela) o estado dos sensores (que indicam o estado dos subsistemas monitorados). A empresa exige que você expanda sua solução para trabalhar com multithread. Além disso, ele gostaria de que você apresentasse uma análise, com implementação, de utilização de diferentes esquemas de escalonamento e despacho por afinidade (carga de trabalho) por processador usando API disponíveis na linguagem de escolha.

Outras considerações para a análise temporal:

- sensor demora 1 μ s para fazer a aquisição da amostra
- o controlador demora 5 μ s para agir.

2. DESENVOLVIMENTO

O sistema foi criado utilizando a linguagem C e incorpora bibliotecas como pthread, que facilita a criação de threads. Além disso, utilizamos x86intrin e time.h para medir o tempo e os ciclos consumidos por cada função.

Após isso, foram identificados os threads com requisitos temporais classificadas conforme descrito abaixo:

- Temperatura do motor: soft
- ABS: hard
- Airbag: hard
- Cinto de segurança: hard
- LVT: soft
- Injeção eletrônica: hard

Os requisitos classificados como “hard” são aqueles que possui maior importância para o funcionamento do veículo ou sua segurança. Os demais foram classificados como “soft”. Em relação a medição do tempo e ciclos gastos, foi coletado o tempo inicial quando é acionado a tecla, é coletado o tempo final após encerramento do acionamento do atuador, e por fim é feito a subtração do tempo final com tempo inicial para obter o tempo gasto.

```
if ((int)key == 122){ //z electronic injection
    pthread_mutex_lock(&em);
    begin = __rdtsc();
    clock_gettime(CLOCK_MONOTONIC, &start);
    car_system_sensors[0] = 1;
    pthread_mutex_unlock(&em);
}
```

Tabela 1: Momento da coleta do tempo

```
void thr_electronic_injection(void) {
    while(1){
        pthread_mutex_lock(&em);
        if(car_system_sensors[0] == 1){
            read_sensor(0);
            execute_actuator(0);
            car_system_sensors[0] = 0;
            //TIME
            elapsedEL = get_time_clock(endEL, start);
            cycles_spentEL = get_time_cycle(begin, endCycleEL);
        }
        pthread_mutex_unlock(&em);
    }
}
```

Tabela 2: Momento da chamada de função da coleta do tempo

```
double get_time_clock(struct timespec end, struct timespec start){
    clock_gettime(CLOCK_MONOTONIC, &end);
    return (end.tv_sec - start.tv_sec) + 1e-9 * (end.tv_nsec - start.tv_nsec);
}

uint64_t get_time_cycle(uint64_t begin, uint64_t endCycle){
    endCycle = __rdtsc();
    return (endCycle - begin);
}
```

Tabela 3: Funções responsáveis para retornar o valor do tempo e ciclos gastos

Além disso, para simulação de acionamentos dos sensores, foi utilizado teclas correspondentes que acionavam a posição indicada do sistema do carro, no qual foi representado um vetor booleano.

Foi utilizado também mutex para proteger a seção crítica, a onde se encontrava variáveis críticas do carro e acionamento das teclas.

3. RESULTADOS

O sistema foi testado em uma máquina com processador Intel Core i7 8ª geração, com 32GBs de RAM e obtemos o seguinte resultado:

```
ENGINE: Actuator electronic injection: 1 | Actuator internal temperature: 1
BRAKE: ABS right: 1 | ABS left: 1
LSE: Airbag: 1 | Seat belt: 1
LVT: FHL right: 1 | FHL left: 1 | PWS right: 1 | PWS left: 1 | TDL right: 1 | TDL left: 1

Deadline electronic injection: Spent cycles: 74472 | Elapsed time: 0.000022 seconds
Deadline internal temperature: Spent cycles: 52670 | Elapsed time: 0.000012 seconds
Deadline ABS: Spent cycles: 104569 | Elapsed time: 0.000036 seconds
Deadline AIRBAG: Spent cycles: 66901 | Elapsed time: 0.000018 seconds
Deadline seat belt: Spent cycles: 57786 | Elapsed time: 0.000014 seconds
Deadline LVT: Spent cycles: 137342 | Elapsed time: 0.000027 seconds
```

Imagem 1: Saída do programa

Para obter o tempo médio, foi coletado 10 amostras do tempo e ciclos gastos, executando todos os sensores ao mesmo tempo, para simular o pior caso se o sistema consegue cumprir todos os deadlines conforme o enunciado.

Sistemas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Injeção	74472	106546	177874	161512	73776	61051	133669	362125	201179	167670
Temp	52670	96348	25912	115898	34504	147180	120374	184659	41730	58508
ABS	104569	27911	50146	190333	190638	129930	173822	42283	251325	26462
AIRBAG	66901	120411	128265	49214	61522	166058	52713	133653	91116	289356
Cinto	57786	173996	220470	156288	165436	214932	156856	124001	223978	293958
LVT	137342	243988	435367	281038	402523	392318	341627	364403	605643	565537

Tabela 4: Coleta de ciclos gastos

Sistemas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Injeção	22us	38us	72us	61us	22us	12us	49us	155us	79us	66us
Temp	12us	33us	3us	41us	4us	51us	43us	74us	7us	16us
ABS	36us	2us	14us	74us	75us	43us	67us	10us	101us	2us
AIRBAG	18us	44us	48us	10us	17us	59us	10us	51us	29us	121us
Cinto	14us	68us	91us	59us	64us	81us	59us	47us	89us	123us
LVT	27us	79us	172us	91us	149us	130us	119us	137us	237us	195us

Tabela 5: Coleta de tempo gastos

Sistemas	Ciclos Gastos Médio (us)	Tempo Estimado Médio (us)
Injeção eletrônica	151987,4	57,6
Temperatura interna	87778,3	28,4
ABS	118741,9	42,4
AIRBAG	115920,9	40,7
Cinto de segurança	178770,1	69,5
LVT	376978,6	133,6

Tabela 6: Tempo e ciclo médio dos sistemas correspondentes

Com os resultados seguintes, foi possível que todos os sistemas serão cumpridos dentro do deadline. Como sugestão de melhoria do projeto, seria utilizar mutex com protocolo de herança de prioridade e comparar os seguintes resultados.

4. REFERÊNCIAS

Threads com padrão POSIX (pthreads) - Embarcados <https://embarcados.com.br/threads-posix/>

ASCII Chart. Disponível em: <<https://www.commmfront.com/pages/ascii-chart>>.