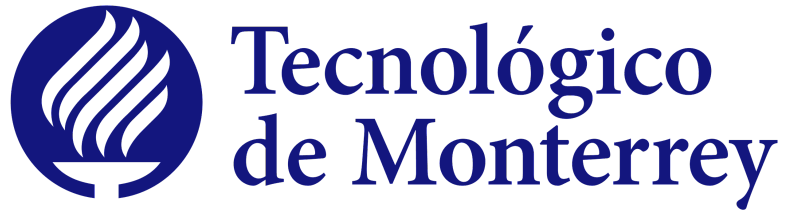


Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey
Campus Puebla



Modelación de sistemas mínimos y arquitecturas
computacionales

Profesor David Antonio Torres

Entrega final de situación problema

Alumno:

Francisco Rocha Juárez

| A01730560

Introducción

La industria automotriz en la actualidad se enfrenta a distintos problemas, la tecnología está progresando exponencialmente y cada vez las exigencias de los usuarios son mayores en cuestión de seguridad, eficiencia energética, comodidad e incluso ahora impacto ambiental.

De manera puramente mecánica muchos de estos problemas no podrían tener una solución tan sencilla, o incluso podríamos descartar solucionar el problema por completo, ya que los costos se elevarían mucho o no se podría inventar un sistema que se adaptara a la solución, incluso por el tamaño o por el fácil uso del usuario.

Gracias a la electrónica en el vehículo se ha logrado cada vez contar con mejores unidades que respondan a las necesidades y exigencias de los usuarios. Esto ha sido posible gracias a los sensores y actuadores del automóvil.

Estos sensores se encargan de medir las variables del ambiente y en base a los datos recabados estos envían señales a la computadora que procesa la información y manda señales a los actuadores para que estos cumplan con su función y den solución a la problemática.

Algunos ejemplos de implementaciones de electrónica que han dado solución a problemáticas son los siguientes: Frenos, ABS, inyección de combustible por computadora, sistemas de enfriamiento automatizados, entre otros.

Desarrollo

A continuación analizaremos algunos problemas que deben resolverse en la industria automotriz a través de la electrónica .

1. Consumo excesivo de combustible

Este problema se puede solucionar gracias a la computadora del vehículo, la ECU, ya que este controla de manera electrónica el consumo de combustible y determina automáticamente la inyección requerida acorde a la actividad del motor.

Las variable asociada a este problema es la potencia que necesita el motor en esos momentos para desempeñar, ya que no todo el tiempo se necesita la misma potencia, esto está

directamente relacionado con la cantidad de combustible que debe ser inyectado. Esto puede depender del peso del vehículo, que tanto frena el conductor, la velocidad y resistencia del viento, si se tiene encendido el aire acondicionado, que tanto se presiona el acelerador y el cambio de marchas.

Algunas señales de sensores que pueden ser de utilidad para monitorear estas variables son: Señal del sensor de posición del servomotor y señal del sensor de temperatura del combustible, señal del sensor de régimen (rpm), señales del sensor de posición del pedal del acelerador, entre otras.

2. Volante inestable que se mueve mucho a altas velocidades

Uno de los problemas con los automóviles son los accidentes y las muertes que provocan al año, una de las razones de esto es que a altas velocidades es fácil perder el control de la unidad. Cuando uno circula a estas velocidades, cualquier movimiento brusco del volante puede desembocar en una falta de estabilidad y sufrir un choque fatal.

Este volante inestable se puede solucionar con un volante que a una velocidad alta se ponga rígido para evitar movimientos no deseados por parte del conductor.

Las variables más importantes asociadas a esta problemática son la velocidad con la que circula la unidad y su peso. Las señales que serían de utilidad a la ECU para mandar a accionar el actuador que pone rígido el volante podrían ser: señales del sensor de posición del pedal del acelerador, señal de alerta de presión en llantas y señal del sensor de velocidad.

El funcionamiento de estos sensores y actuadores para solución de problemas en la industria automotriz también podemos compararlo con la aeroespacial. Ya que al analizar los vehículos y ver como se le han dado soluciones a los problemas de esta manera, las aeronaves también pueden equiparse electrónicamente para el monitoreo de cada uno de sus sistemas. Estos sensores nos ayudan a saber en tiempo real que está pasando en cada parte de la nave y como se están comportando las diferentes variables que afectan el funcionamiento. Gracias a estas implementaciones podemos tener automóviles más seguros y de igual manera se puede garantizar a los tripulantes de una aeronave un ambiente más seguro, automatizado, que sepa responder en caso de ser necesario en cuestión de milésimas de segundo ante las

inconveniencias y accidentes que se puedan presentar. Al final de cuentas los autos y las naves, ambos son vehículos que transportan vidas humanas y la seguridad es una prioridad. Antes de estas implementaciones la seguridad era más difícil de garantizar, ahora podemos programar soluciones.

Estas implementaciones de la electrónica también las podemos ver en la industria, en las fábricas, para optimizar procesos, incluso en procesos logísticos. Lo actualmente llamado redes logísticas inteligentes, el cliente o los proveedores pueden ir monitoreando el viaje del producto en cada una de las etapas de la cadena de suministros y pueden garantizar que el producto llegue en buen estado, estimar el tiempo, medir su temperatura y mandar instrucciones a sistemas automatizados para ahorrar dinero y hacer un mejor trabajo.

Es interesante ver que a pesar de que la arquitectura de Von Neumann se inventó hace mucho tiempo, esta se sigue utilizando, tal vez no de una manera tan visible, ya que los dispositivos han ido evolucionando y la tendencia cada vez ha ido más hacia la tecnología a escalas microscópicas, pero independientemente de que ahora contemos con sistemas muy avanzados todos cuentan con unidad lógico-aritmética, memoria, dispositivo de entrada y dispositivo de salida.

Por poner ejemplos concretos es increíble como en los CPU/procesadores desde el ARM x86, pentium, hasta los procesadores Ryzen AMD más recientes, todos cuentan con la arquitectura Von Neumann. Realmente fue una contribución a la humanidad incalculable para el procesamiento de datos.

Solución concreta

En este proyecto se va a dar solución a la problemática del gasto excesivo de combustible y la alta emisión de gases contaminantes al ambiente a través de la inyección automática de combustible.

Antiguamente los vehículos eran carburados, siendo el carburador un sistema totalmente mecánico que estaba destinado a inyectar combustible en la cámara de combustión del auto. Esto por ser de manera mecánica, no permitía que se inyectara con exactitud el combustible requerido realmente, quemando combustible en exceso, de esta manera provocando

emisiones de gases contaminantes al ambiente y gastar más combustible, afectando al ambiente, al motor y al bolsillo del conductor.

Actualmente los automóviles cuentan con una computadora, la ECU, esta computadora permite tener una respuesta rápida y eficaz a los problemas que tienen que ver con nuestro automóvil, a través de sensores y actuadores.

Estos dispositivos están encargados de sensar el ambiente y las variables externas para en base a ello tomar decisiones sobre los actuadores, esto pasa de manera muy veloz, ya que se hace de manera electrónica.

Cuando hablamos del problema de inyección de combustible en nuestro automóvil, también debemos identificar los sensores y actuadores que se involucran en esta situación. Es cierto que son muchas las variables involucradas, como la velocidad del vehículo, la posición del acelerador, la resistencia al viento, las revoluciones por minuto a las que trabaja el motor, etcétera.

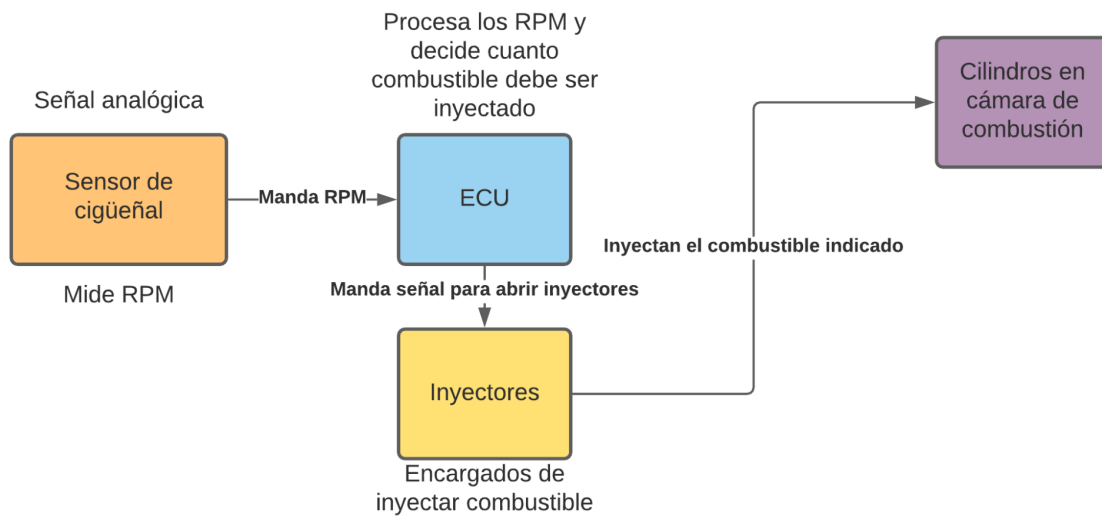
En esta situación problema para usos prácticos, prototipado y modelación de la problemática vamos a centrarnos únicamente en las revoluciones por minuto (RPM) a las que trabaja el motor de nuestra unidad.

En los autos, hay un sensor llamado “Cigüeñal”, este es el encargado de medir las RPM a las que gira nuestro motor, haciendo uso de los principios del electromagnetismo y los campos magnéticos. Este es un sensor analógico, ya que las RPM de nuestra unidad pueden oscilar entre 0 RPM hasta unas 8000 RPM aproximadamente.

Después esta señal es procesada por nuestra ECU (Unidad Lógico Aritmética de nuestro auto) y con base en las RPM esta manda una señal a los inyectores para que se abran y suministren de combustible a nuestra cámara de combustión.

Los inyectores son un componente clave en el vehículo ya que se encargan de suministrar a cada cilindro el combustible exacto (**cantidad**) en el momento (**tiempo**) preciso al motor. Sin estos ni siquiera sería posible que el auto encendiera.

A continuación un diagrama en el que se puede visualizar con más detalle el flujo de la información:



Con base en esta información se hizo un programa en lenguaje ensamblador, en este programa se cuentan con códigos de entrada que simulan el sensor de cigüeñal midiendo las RPM y mandandolas a la ECU, a continuación se muestran dichos códigos:

Código de entrada	Significado
1	RPM > 1000
2	RPM > 2000
3	RPM > 4000
4	RPM > 6000

De igual manera el programa cuenta con códigos de salida, estos se despliegan en el puerto de salida, simulando como la ECU manda la señal a los inyectores para inyectar el combustible requerido. Debido a que se deben usar cálculos muy complejos para la inyección de combustible estas variables son meramente teóricas y explicativas. Siendo los que tenemos a continuación:

Código de salida	Significado
------------------	-------------

5	Injectar combustible proporcional a 1000 RPM
6	Injectar combustible proporcional a 2000 RPM
7	Injectar combustible proporcional a 4000 RPM
8	Injectar combustible proporcional a 6000 RPM

El código en lenguaje ensamblador, listo para correr en el simulador <http://www.peterhigginson.co.uk/RISC/> y comentado, es el siguiente:

```
//Francisco Rocha Juárez
```

```
//Entrega 3
```

```
//Programa de inyeccion de combustible
```

```
MOV R1,#30 //Espacio de memoria 30
```

```
MOV R2,#5 //Inyeccion de combustible para más de 1000RPM
```

```
MOV R3,#6 //Inyeccion de combustible para más de 2000RPM
```

```
MOV R4,#7 //Inyeccion de combustible para más de 4000RPM
```

```
MOV R5,#8 //Inyeccion de combustible para más de 6000RPM
```

```
LOOP INP R0,2 //El sensor de cigüeñal lee las RPM
```

```
STR R0,(R1) //Se almacena en memoria principal
```

```
JMS ECU //Manda la señal a la ECU y lo procesa
```

```
JMS INYECTORES //La ECU manda la señal a los inyectores de cuanta gasolina  
inyectar a la camara de combustion
```

```
SALIDA ADD R1,#1 //Sumamos una localidad de memoria para almacenar el siguiente dato
```

```
BRA LOOP
```

```
ECU CMP R0,#1 //Subrutina de ECU
```

```
BEQ RPM1
```

```
CMP R0,#2
```

```
BEQ RPM2
```

```
CMP R0,#3
```

```
BEQ RPM3
```

```
CMP R0,#4
```

BEQ RPM4

RET

INYECTORES NOP //Subrutina de inyectores

RPM1 OUT R2,4

BRA SALIDA

RPM2 OUT R3,4

BRA SALIDA

RPM3 OUT R4,4

BRA SALIDA

RPM4 OUT R5,4

BRA SALIDA

RET

HLT //Nunca termina, ya que en todo momento con el auto en marcha se inyecta combustible

Assembly Language

```

//Francisco Rocha Juárez
//Entrega 3
//Programa de inyección de combustible
0      MOV R1,#30
//Espacio de memoria 30
1      MOV R2,#5
//Inyección de combustible para más de 1000RPM
2      MOV R3,#6
//Inyección de combustible para más de 2000RPM
3      MOV R4,#7
//Inyección de combustible para más de 4000RPM
4      MOV R5,#8
//Inyección de combustible para más de 6000RPM
5      LOOP INP R0,2 //El sensor de cigüeñal lee las RPM
6      STR R0,(R1) //Se almacena en memoria principal
7      JMS ECU //Manda la señal a la ECU y lo procesa
8      JMS INYECTORES
//La ECU manda la señal a los inyectores de cuanta gasolina inyectar a la cámara de combustión
9      SALIDA ADD R1,#1
//Sumamos una localidad de memoria para almacenar el siguiente dato
10     BRA LOOP
11     ECU    CMP R0,#1
//Subrutina de ECU
12     BEQ RPM1
13     CMP R0,#2
14     BEQ RPM2
15     CMP R0,#3

```

Registers

PC	6
LR	8
SP	400
R7	0
R6	0
R5	8
R4	7
R3	6
R2	5
R1	34
R0	4

Incrementer

FLAGS **N Z C V** 0000

IR x7102

Control Unit

Arithmetic and Logic Unit

Input Output

5 6 7 8

Main Memory (16 bit words as signed)

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
000	10526	10757	11014	11271	11528	28930	-24512	-25077	-25068	4353
010	-32763	8193	-32235	8194	-32233	8195	-32231	8196	-32229	29280
020	30464	29092	-32759	29108	-32759	29124	-32759	29140	-32759	29280
030	1	2	3	4	0	0	0	0	0	0
040	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
050	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
060	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
070	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
080	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
090	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
110	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
120	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
130	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
140	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
150	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
160	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
170	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
180	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
190	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
210	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
220	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
230	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
240	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
250	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
260	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
270	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
280	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
290	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
300	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
310	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
320	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
330	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
340	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
350	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
360	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
370	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
380	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
390	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ASSEMBLE STOP << >> SPEED 6
RESET LOAD HELP SELECT OPTIONS

INPUT required

RISC Simulator V1.05 © Peter L Higginson 2016

Quando hablamos de soluciones mecánicas estamos hablando de una menor eficiencia, ya que no son igual de rápidas y precisas como una computadora lo puede ser. El futuro está en

la implementación de soluciones de manera electrónica y procesar la información computacionalmente.

En esta situación problema vemos que la solución antigua a la inyección de combustible era con el uso del carburador (solución mecánica) y ahora se ha pasado a la inyección electrónica a través de los inyectores con ayuda de la ECU y sus respectivos sensores.

Tanto es el impacto que ha generado dicha solución que ha salido una normativa que indica que los autos recientes deben contar con inyección electrónica para disminuir la huella ecológica y de paso a nosotros nos sirve para ahorrar combustible.

Modelado

En el punto anterior se puede observar como quedaría la solución implementada en lenguaje ensamblador usando el simulador de el Dr. Peter L. Higginson, sin embargo cuando estas implementaciones quieren llevarse al mundo real va a ser necesario ocupar hardware que nos ayude a dar solución a nuestra problemática y cargar este programa. A continuación hablaremos de dos dispositivos que podrían utilizarse, uno de gama baja y otro de gama alta ocupado profesionalmente en la industria automotriz.

del microchip PIC18F4550, este nos servirá para la ejecución y simulación de nuestro problema relacionado con la industria automotriz. Este es un microcontrolador de alto rendimiento del cual analizaremos sus características:

La dimensión de palabra máxima con la que puede operar este dispositivo (opcode + address) está limitada a **16 bits**, siendo los primeros dígitos los que corresponden al tipo de instrucción dada y los demás a la dirección de memoria.

El número máximo de instrucciones u operaciones que se pueden ejecutar dentro del dispositivo está directamente relacionado con la capacidad de memoria de nuestro microchip, ya que aquí en estos espacios se almacenarán las cadenas de 16 bits de binario de cada instrucción. En este caso nuestro microchip cuenta con una memoria de **32 KB**.

La frecuencia de operación del dispositivo se mide en hz, en este caso nuestro microchip tiene una frecuencia de operación de **48MHz**.

Y por último nuestro microchip se alimenta con **5V DC** que es lo que necesitamos para que opere y el consumo de energía en general depende del modo en que se opere está por debajo de los **2 watts**.

A continuación vamos a comparar los puntos anteriores con un procesador usado en la industria automotriz para la unidad de control del motor (ECU, engine control unit).

Este es un procesador de señales digitales, su nombre es Dual Core SHARC ADSP-SC584.

Hay una gran diferencia entre la longitud de la palabra máxima con la que se puede operar ya que el SHARC es de **64 bits**, mientras que el de la situación problema es de **16 bits**.

Este cuenta con una SRAM de **640 kb**, mientras que la PIC18F4550 cuenta con **32kb**.

La frecuencia de operación del SHARC es de **450 MHz** mientras que el usado en esta situación problema llega solamente a los **48MHz**.

En consumo de energía son bastante similares, ya que ambos consumen en promedio por debajo de los **2 watts**.

Las principales diferencias entre el primer procesador y el que se ocupa en la industria automotriz de manera profesional están principalmente centradas en la capacidad de almacenamiento y en su velocidad. De igual manera en las arquitecturas en que estos operan, los de 64 bits te permiten procesar datos más robustos, mientras que los de 16 bits operan datos más pequeños y con más limitaciones en el opcode.

Vídeo explicando funcionalidad del código y situación problema:

https://drive.google.com/drive/folders/1qp_bkp984FA8srO5kqjLZBDIH1_EvZTy?usp=s_haring

Referencias APA:

¿Cómo funciona un sistema de inyección de combustible?. (2021). Retrieved 21 October 2021, from <https://noticias.autocosmos.com.mx/2015/08/24/como-funciona-un-sistema-de-inyeccion-de-combustible>

Avance, A. (2021). Sensor de Posición del Cigüeñal CKP - Blog Técnico Automotriz. Retrieved 21 October 2021, from <https://www.autoavance.co/blog-tecnico-automotriz/135-sensor-de-posicion-del-ciguenal-ckp/#:~:text=Este%20sensor%20se%20encarga%20de,encuentran%20en%20punto%20muerto%20superior.&text=Este%20sensor%20se%20encuentra%20ubicado,polea%20del%20cigüeñal%20o%20volanta.>

Inyección en Motores de Gasolina: todo lo que tienes que saber. (2021). Retrieved 21 October 2021, from <https://www.autonocion.com/inyeccion-motores-gasolina/>

Qué son y para qué sirven los inyectores del auto | VW. (2021). Retrieved 21 October 2021, from <https://www.vw.com.mx/es/experiencia/innovacion/que-es-inyector-de-auto.html#:~:text=Los%20inyectores%20son%20piezas%20que,auto%20no%20podría%20ni%20arrancar.>

Sensor del cigüeñal: Revisión y averías | HELLA. (2021). Retrieved 21 October 2021, from <https://www.hella.com/techworld/es/Informacion-Tecnica/Sensores-y-actuadores/Sensor-del-ciguenal-4506/#:~:text=El%20sensor%20del%20cigüeñal%20es,motor%20mediante%20una%20señal%20eléctrica.>

Almeida, Francisco. "JOHN VON NEUMANN: UN MATEMÁTICO GENERALISTA." 5 factores que influyen en el consumo del coche. (2021). Retrieved 28 September 2021, from <https://www.auto10.com/reportajes/5-factores-que-influyen-en-el-consumo-del-coche/16516>

Los 11 problemas mas comunes que puede mostrar tu auto. (2021). Retrieved 28 September 2021, from <https://medium.com/@somosflymecanic/los-11-problemas-mas-comunes-que-puede-mostrar-tu-auto-d9c3d577ca92>

Unidad de control electrónica. (2021). Retrieved 28 September 2021, from https://motorpedia.fandom.com/es/wiki/Unidad_de_control_electr%C3%B3nica

Von Neumann, la arquitectura común de todos los procesadores. (2021). Retrieved 28 September 2021, from <https://hardzone.es/tutoriales/rendimiento/von-neumann-limitaciones/>

https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ADSP-SC582_583_584_587_589_ADSP-21583_584_587.pdf (DATA SPECS SHARC)

<https://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/39632c.pdf> (DATA SPECS PIC18F4550)