

PROBLEMAS: El repertorio de instrucciones

15. Sea un repertorio de instrucciones cuyo formato tiene una longitud fija de 16 bits. Las direcciones (especificación de operando) se realizan sobre 6 bits. Cuenta con K instrucciones de 2 direcciones, L instrucciones de 1 dirección y M instrucciones de 0 direcciones.

El código de operación es de longitud variable. El campo *opcode* tiene un campo de extensión y el código de operación extendido que lleva asociado también cuenta con un campo de extensión anidado con su correspondiente código de operación extendido. El grupo de K instrucciones se codifica sobre el *opcode* sin campos de extensión, el grupo de L instrucciones deriva del campo de extensión de primer nivel y el grupo de M instrucciones del campo de extensión anidado.

Determine los valores máximos de K , L y M , y el número máximo de instrucciones que puede permitirse este formato,

SOLUCIÓN:

Las instrucciones ' K ' consumen 12 bits en direcciones. El código de operación deberá ser de un máximo de 4 bits. Puesto que uno de los códigos es campo de extensión, K es 15.

Las instrucciones ' L ' consumen 6 bits en el campo dirección y 4 en el campo de extensión. En consecuencia, tienen 6 bits para expresar su código de operación. Puesto que uno de los códigos es campo de extensión, L es 63.

Las instrucciones ' M ' no consumen espacio en direcciones pero deben asociar su código de operación a 2 campos de extensión (anidados) con un total de 10 bits. En consecuencia, tienen 6 bits para expresar su código de operación. Puesto que no requieren reservar códigos para campos de extensión, M es 64.

En total, el repertorio puede tener $15 + 63 + 64 = 142$ instrucciones diferentes.

16. El procesador Zilog Z8001, de 16 bits, tiene el siguiente formato de instrucción:

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
modo		código de operación				b/w	operando 1			operando 2					

El campo *modo* especifica los modos de direccionamiento utilizados en los campos *operando 1* y *operando 2*. El campo *código de operación* especifica la operación a realizar. El campo *b/w* determina si los operandos son de tamaño byte o palabra. Los campos *operando 1* y *operando 2* señalan uno de los 16 registros del procesador. Cuando el campo *operando 2* contiene todo ceros, en lugar de identificar el *registro 0*, significa que cada uno de los códigos del código de operación tienen un significado distinto. ¿Cuántas operaciones diferentes es capaz de ejecutar el Z8001? Sugiera una manera alternativa de disponer de más códigos de operación indicando los compromisos a adoptar.

SOLUCIÓN:

Campo *modo*: 4 posibles modos de direccionamiento diferentes.

Campo *código de operación*: 32 posibles operaciones + 32 adicionales si *operando2* es 0.

En total el Zilog Z8001 es capaz de ejecutar 64 operaciones diferentes.

Existen numerosas alternativas:

1. reservar uno o varios modos de direccionamiento como campos de extensión de forma que cada uno de ellos daría lugar a códigos de operación con significados nuevos
 2. reservar algunos códigos de operación como campos de extensión; los nuevos códigos de operación podrían situarse en el campo operando 2, por ejemplo.
17. La codificación de un repertorio de instrucciones se ha diseñado con el objetivo de minimizar el espacio de representación. De esta manera, se han especificado dos formatos para los códigos de operación: uno “regular” y otro “extendido”. El formato “regular” codifica las operaciones sobre un campo de 6 bits reservando 8 combinaciones como campos de extensión. El formato “extendido” asocia cada uno de esos campos de extensión con un código de operación extendido de 3 bits.

Determine la cantidad máxima de operaciones codificables en el formato “regular” y en el “extendido”. ¿Qué cantidad de bits se necesitarían para codificar todas esas operaciones si el formato fuera solamente “regular”? Calcule el tamaño medio de codificación de este diseño si el formato “regular” se utiliza en el 80% de los casos. Y si todas las operaciones se utilizaran por igual, ¿cuál sería su tamaño medio? Finalmente, determine el mínimo porcentaje de uso del formato “regular” que hace bueno el diseño propuesto.

SOLUCIÓN:

Cantidad de operaciones del formato regular:

$$2^6 - 8 = 56$$

Cantidad de operaciones del formato extendido:

$$8 \cdot 2^3 = 64$$

Total instrucciones:

$$56 + 64 = 120$$

Número de bits del código de operación en formato regular:

$$\lceil \log_2 C \rceil = \lceil \log_2 120 \rceil = 7$$

El tamaño medio ponderado en bits atendiendo a la distribución de uso será:

$$6 \cdot 0.8 + 9 \cdot 0.2 = 6,6$$

Si el uso de las operaciones es equiprobable el tamaño medio en bits será:

$$6 \cdot \frac{56}{120} + 9 \cdot \frac{64}{120} = 7,6$$

El porcentaje de uso del formato regular ($p_{regular}$) que hace bueno el diseño propuesto será aquel que produce un tamaño medio ponderado igual o menor que el de una codificación totalmente regular ($\bar{T}_p = T$):

$$6 \cdot p_{regular} + 9 \cdot (1 - p_{regular}) = 7$$

$$3 \cdot p_{regular} = 2 \longrightarrow p_{regular} = 2/3 \approx 66\%$$

18. Sea un repertorio de instrucciones con 92 operaciones distintas. Una serie de pruebas realizadas con programas de *test* muestran que solamente 12 operaciones son responsables del 80% de las instrucciones procesadas. Sabiendo esto, se pretende minimizar el espacio de representación utilizando un formato regular y otro extendido. Determine el tamaño del código de operación del formato regular y el número de los campos de extensión y el tamaño del código de operación adicional en el formato extendido. Calcule el tamaño promedio efectivo del código de operación para los programas de prueba.

SOLUCIÓN:

Puesto que solamente 12 instrucciones son responsables del 80% de la ejecución de los programas de prueba, asignaremos a estas el formato regular. El código de operación será de 4 bits y quedarán libres 4 códigos que pueden usarse como campos de extensión.

El formato extendido debe ser capaz de codificar $92 - 12 = 80$ instrucciones. Esas 80 instrucciones se deben repartir entre los 4 campos de extensión, es decir, por cada campo de extensión hemos de codificar 20 instrucciones adicionales. Eso significa que los códigos de operación extendidos requieren de 5 bits en principio.

Bajo este diseño, el tamaño promedio efectivo será:

$$\bar{T} = 4 \cdot 0.80 + (4 + 5) \cdot 0.20 = 5 \text{ bits}$$

No obstante, cada código de operación extendido es capaz de representar 32 instrucciones y sólo le asignamos 20. Podríamos asignar 32 al primer campo de extensión y 16 a los restantes con lo que reducimos en un bit el código de operación extendido de esos 3 campos de extensión.

Bajo este nuevo diseño y asumiendo que las instrucciones del formato extendido se usan equitativamente, el tamaño promedio efectivo será:

$$\bar{T} = 4 \cdot 0.80 + \left[(4 + 5) \cdot \frac{32}{80} + (4 + 4) \cdot \frac{48}{80} \right] \cdot 0.20 = 4.88 \text{ bits}$$

19. Las máquinas registro-registro realizan las operaciones de proceso de acuerdo al patrón del siguiente ejemplo:

```
load r1, [rb]      ;r1 <- [rb]
add r2, r2, r1     ;r2 <- r2 + r1
```

Algunos proponen crear una nueva instrucción con modo de direccionamiento registro-memoria de manera que la secuencia anterior se sustituya por esta otra:

```
add r2, [rb]       ;r2 <- r2 + [rb]
```

¿Qué ventajas e inconvenientes presenta la propuesta?

La distribución del uso de instrucciones para un programa es la siguiente:

tipo de instrucción	porcentaje
operaciones de transferencia	36%
operaciones de bifurcación	18%
operaciones de proceso	46%

De las operaciones de transferencia $2/3$ son cargas y el resto almacenamientos.

Determine qué porcentaje de las instrucciones de carga debe eliminarse para que el modelo alternativo propuesto más arriba tenga al menos el mismo rendimiento que la máquina registro-registro típica. Suponemos que el ciclo de reloj se incrementa en un 10% y que el CPI permanece igual.

SOLUCIÓN:

Ventajas: disminuye el recuento de instrucciones. Inconvenientes: aumenta el ciclo de reloj si se quiere que la operación con el modo de direccionamiento incluido se siga ejecutando en un ciclo; la otra opción es aumentar el CPI respetando el ciclo de reloj.

$$t_p = r \cdot CPI \cdot \tau$$

$$t_{p_{nuevo}} = r \cdot (1 - 0,36 \cdot 2/3 \cdot p) \times CPI \times \tau \cdot 1,1$$

$$t_{p_{nuevo}} = t_p$$

$$(1 - 0,36 \cdot 2/3 \cdot p) \times 1,1 = 1$$

$$p = 0,378 \quad p = 37,8\%$$