

Administrador de clasificación EARL 8: Un examen conductual de las LOU, L4Ops y las tablas Capmap

Contenido

[Introducción](#)

[Antecedentes](#)

[Tablas de mapa de contenido del programa y registros de LOU](#)

[Caso práctico n.º 1: ACL con indicadores TCP](#)

[Caso práctico n.º 2 - Uso del registro de LOU del 100%](#)

[Caso práctico n.º 3: programación de QoS con L4Ops](#)

[Caso práctico n.º 4: las ACL de doble pila provocan el agotamiento de CAPMAP](#)

Introducción

Este documento describe cómo se programan las Unidades de Operación Lógica (LOUs) y las Operaciones de Capa 4 (L4Ops) en la tabla de capmap. Proporciona escenarios de fallos, los tipos de errores que suele encontrar en estas situaciones y lo que debe inferir de estos errores.

El Administrador de clasificación (CM) gestiona la clasificación de la Memoria direccionable de contenido ternario (TCAM) y los recursos asociados, como etiquetas, LOU, entradas de mapa de capacidad, etc. El administrador de funciones (FM) y el administrador de QoS (QM) utilizan los servicios CM para programar entradas TCAM para admitir el IOS de Cisco® Funciones de lista de control de acceso (ACL) y calidad de servicio (QoS).

Antecedentes

LOU y L4Ops: las líneas de negocio son las unidades de operación lógica, que son registros de hardware que se utilizan para almacenar los tuplas {operador, operand} para los números de puerto TCP/UDP especificados en las listas de control de acceso (VACL) de VLAN y ACL. Estas tuplas también se llaman L4Ops. Por ejemplo, si hace coincidir el host X con el host Y gt 1023, el tuple se convierte en {gt, 1023}.

L4Ops - Operaciones de Capa 4.

Tablas Capmap - Las L4Ops descritas anteriormente se programan en los registros LOU a los que se hace referencia en las entradas en las tablas de capmap. Cada tabla de mapa de mayúsculas tiene un límite de 10 (una está reservada para la dirección, lo que reduce el límite a nueve) entradas (L4Ops). Las tablas Capmap se indexan por la propia etiqueta TCAM.

Hay dos TCAM, A y B; cada TCAM tiene etiquetas 8K. Para cada TCAM, hay una tabla de capmap de entradas 2K. Dado que cada TCAM tiene etiquetas 8K, hay una superposición 4:1 aquí - cuatro etiquetas se asignan a una entrada de mapa de mayúsculas. La superposición es: $1=2049=4097=6145$.

tcam:B, bank:0, prot:0 Aces

```

I V 16366 2049 0 0 0 1.1.1.1 - 0.0.0.0
- 0 0 0 - ----- dscp=5; 0x0000000000000038
0
I M 16366 0x1FFF 0 0x00 0x000 255.255.255.255 - 0.0.0.0
- 0 0 0x0
I V 16367 2049 0 0 0 1.1.1.1 - 0.0.0.0
- 0 0 0 - ----- dscp=4; 0x0000000000000038
0
I M 16367 0x1FFF 0 0x00 0x000 255.255.255.255 - 0.0.0.0
- 0 0 0x0
I V 16368 2049 0 0 0 1.1.1.1 - 0.0.0.0
- 0 0 0 - ----- dscp=3; 0x0000000000000038
0
I M 16368 0x1FFF 0 0x00 0x000 255.255.255.255 - 0.0.0.0
- 0 0 0x0
I V 16369 2049 0 0 0 1.1.1.1 - 0.0.0.0
- 0 0 0 - ----- dscp=2; 0x0000000000000038
0
I M 16369 0x1FFF 0 0x00 0x000 255.255.255.255 - 0.0.0.0
- 0 0 0x0
I V 16370 2049 0 0 0 1.1.1.1 - 0.0.0.0
- 0 0 0 - ----- dscp=1; 0x0000000000000038
0
I M 16370 0x1FFF 0 0x00 0x000 255.255.255.255 - 0.0.0.0
- 0 0 0x0
I V 16371 2049 0 0 0 0.0.0.0 - 0.0.0.0
- 0 0 0 - ----- - 0x0000000040000038
0
I M 16371 0x1FFF 0 0x00 0x000 0.0.0.0 - 0.0.0.0
- 0 0 0x0

```

Sup2T#show platform hardware acl entry interface vlan 2 security in ip detail
mls_if_index:20000002 dir:0 feature:0 proto:0

pass#0 features
UAPRSF: U-urg, A-ack, P-psh, R-rst, S-syn, F-fin
MLGFI: M-mpls_plus_ip_pkt, L-L4_hdr_vld, G-gpid_present, F-global_fmt_match, I-ife/ofe
's' means set; 'u' means unset; '-' means don't care

```

-----
-----
-----
-----
-----
I      INDEX  LABEL FS ACOS   AS          IP_SA      SRC_PORT
IP_DA   DST_PORT F FF L4PROT TCP-F:UAPRSF MLGFI OtherL4OPs
RSLT                    CNT
-----
-----
-----

```

fno:0

tcam:B, bank:1, prot:0 Aces

```

I V 32738 4097 0 0 0 1.1.1.2 - 0.0.0.0
- 0 0 0 - ----- dscp=9; 0x0000000000000038
0
I M 32738 0x1FFF 0 0x00 0x000 255.255.255.255 - 0.0.0.0
- 0 0 0x0

```

```

I V 32739 4097 0 0 0 1.1.1.2 - 0.0.0.0
- 0 0 0 - ----- dscp=8; 0x00000000000000038
0
I M 32739 0x1FFF 0 0x00 0x000 255.255.255.255 - 0.0.0.0
- 0 0 0x0
I V 32740 4097 0 0 0 1.1.1.2 - 0.0.0.0
- 0 0 0 - ----- dscp=7; 0x00000000000000038
0
I M 32740 0x1FFF 0 0x00 0x000 255.255.255.255 - 0.0.0.0
- 0 0 0x0
I V 32741 4097 0 0 0 1.1.1.2 - 0.0.0.0
- 0 0 0 - ----- dscp=6; 0x00000000000000038
0
I M 32741 0x1FFF 0 0x00 0x000 255.255.255.255 - 0.0.0.0
- 0 0 0x0
I V 32745 4097 0 0 0 0.0.0.0 - 0.0.0.0
- 0 0 0 - ----- - 0x00000000400000038
0
I M 32745 0x1FFF 0 0x00 0x000 0.0.0.0 - 0.0.0.0
- 0 0 0x0

```

La etiqueta TCAM asignada para la interfaz VLAN 1 es 2049 y la etiqueta TCAM asignada a la interfaz VLAN 2 es 4097. Esto significa que ambas interfaces utilizan la misma tabla capmap para hacer referencia a los registros LOU para su programación L4Op.

Puede confirmar esto con este comando (cinco ACE en ACL a1 y cuatro ACE en ACL a2 implica que debe ver la tabla de mapa de capturas como completa):

```

Sup2T#show platform hardware acl capmap tcam B label 4097
Hardware Capmap Table Entry For TCAM B. Free items are not shown

Index  Loc[9]  [8]  [7]  [6]  [5]  [4]  [3]  [2]  [1]  [0]
-----  -----  ---  ---  ---  ---  ---  ---  ---  ---  ---
  1      212   10   9   8   7   6   5   4   3   2

```

```

Sup2T#show platform hardware acl capmap tcam B label 2049
Hardware Capmap Table Entry For TCAM B. Free items are not shown

Index  Loc[9]  [8]  [7]  [6]  [5]  [4]  [3]  [2]  [1]  [0]
-----  -----  ---  ---  ---  ---  ---  ---  ---  ---  ---
  1      212   10   9   8   7   6   5   4   3   2

```

Así que ahora, en esta etapa, si intenta instalar otra entrada de control de acceso (ACE) basada en L4Op, que no se puede ampliar, para cualquiera de estas interfaces, recibirá el error **No free capmap entry available**.

```

Sup2T(config)#ip access-list extended a2
Sup2T(config-ext-nacl)#permit ip host 1.1.1.2 any dscp 10
Sup2T(config-ext-nacl)#end

```

```

*Sep 16 14:57:55.983: %EARL_CM-5-NOCAPMAP: No free capmap entry available
*Sep 16 14:57:55.991: %FMCORE-4-RACL_REDUCED: Interface Vlan2 routed traffic
will be software switched in ingress direction. L2 features may not be applied
at the interface

```

Esto da como resultado que el software puentea toda la interfaz que potencialmente causaría un switching más lento, un uso elevado de la CPU y otros problemas relacionados.

Nota: Para solucionar este problema se planteó el ID de bug de Cisco [CSCuo02666](https://tools.cisco.com/bugcenter/bug/?bugID=CSCuo02666). El

mayor cambio en la lógica que introduce es cómo se asignan las etiquetas TCAM. Ahora, Cisco asigna etiquetas TCAM de forma continua (2,3,4,5, etc.) hasta 2048 en lugar de a intervalos de 2K. Esto significa que las tablas de mapa de mayúsculas ya no se comparten desde el principio.

Recuerde que las líneas de negocio, como cualquier otro recurso de hardware, son limitadas. Hay un total de 104 LOU disponibles para su uso:

```
Sup2T#show platform software acl lou
```

```
LOUs Registers (shadow copies)
```

Index	Type	A_Op	A_Val	A_Cnt	B_Op	B_Val	B_Cnt
0	PKT_QOS_GI	A is free.			NEQ	0	1
1	DST_PORT	LT	81	2	B is free.		
2	B & A are free						
3	B & A are free						
4	B & A are free						
5	B & A are free						
6	B & A are free						
7	B & A are free						
8	B & A are free						
9	B & A are free						
10	B & A are free						
11	B & A are free						
12	B & A are free						
13	B & A are free						
14	B & A are free						
15	B & A are free						

```
*snip*
```

```
95 B & A are free
96 B & A are free
97 B & A are free
98 B & A are free
99 B & A are free
100 B & A are free
101 B & A are free
102 B & A are free
103 B & A are free
```

Tablas de mapa de contenido del programa y registros de LOU

Las tablas Capmap se utilizan sólo cuando se deben tener en cuenta las operaciones L4. Tenga en cuenta que la coincidencia en los valores de punto de código de servicios diferenciados (DSCP)/clase de servicio (CoS) también se considera como L4Op. Este es un ejemplo simple (que utiliza una versión de código que incluye la corrección del Id. de error de Cisco [CSCuo02666](#)) que este documento se basa en forma incremental:

```
Sup2T#show ip access-lists a3
```

```
Extended IP access list a3
```

```
10 permit ip host 192.168.1.1 host 192.168.1.2
```

```
I have this applied to interface VLAN 1.
```

```
Sup2T#show run int vlan 1
```


utilizar la etiqueta TCAM en el comando **show platform software [hardware] acl capmap tcam <> label <>** para ver la tabla correspondiente (software o hardware) para esta etiqueta TCAM.

```
Sup2T#show platform hardware acl capmap tcam B label 2
Hardware Capmap Table Entry For TCAM B. Free items are not shown
```

Index	Loc[9]	[8]	[7]	[6]	[5]	[4]	[3]	[2]	[1]	[0]
1	212	0	0	0	0	0	0	0	0	0

No se asigna nada en la tabla de mapa de mayúsculas para esta etiqueta. La ACL definida no tiene L4Ops; no se requiere instalar una entrada en la tabla capmap.

Cambie esta ACE a lo siguiente:

```
Sup2T#show ip access-lists a3
Extended IP access list a3
 10 permit tcp host 192.168.1.1 host 192.168.1.2 eq www
```

Vuelva a ver la tabla de mapa de capturas.

```
Sup2T#show platform software acl capmap tcam B label 2
Shadow Capmap Table Entry For TCAM B
```

Output in a RST/INV/CNT format: RST - result value; INV - inverted;
CNT - aggregated reference account;

CBF - number of free cap bits (one per entry);
Free items are not shown

Index	CBF	[9]	[8]	[7]	[6]
[5]		[4]	[3]	[2]	[1]
[0]					
1	9	Reserved	Free	Free	Free
Free		Free	Free	Free	Free
Free					

Si se equipara directamente a un número de puerto, tampoco cuenta como L4Op.

Cámbielo a lo siguiente:

```
Sup2T#show ip access-lists a3
Extended IP access list a3
 10 permit tcp host 192.168.1.1 host 192.168.1.2 gt www
```

Examine una vez más la tabla capmap:

```
Sup2T#show platform software acl capmap tcam B label 2
Shadow Capmap Table Entry For TCAM B
```

Output in a RST/INV/CNT format: RST - result value; INV - inverted;
CNT - aggregated reference account;

CBF - number of free cap bits (one per entry);
 Free items are not shown

```
-----
Index   CBF      [9]          [8]          [7]          [6]
[5]     [4]          [3]          [2]          [1]
[0]
```

```
-----
-----
-----
      2      8 212/0/1          Free          Free          Free
Free          Free          Free          Free          Free  3/1/1
```

Ahora hay una entrada en la tabla capmap. La ACE se ha traducido a un 3/1/1 en la tabla capmap. Este es el formato RST/INV/CNT. El RST aquí especifica en qué LOU se registró este L4Op y el CNT describe el recuento agregado para esta LOU (más información sobre esto más adelante). Observe este resultado para entender cómo se indexa el valor RST:

Sup2T#**show platform software acl capmap mapping**

```

L4op_sel value      Reference
=====
0      -----      LOU0 B register
1      -----      LOU0 A register
2      -----      LOU1 B register
3      -----      LOU1 A register
.....
.....
206     -----      LOU103 B register
207     -----      LOU103 A register
208     -----      Global format match for global acl
209     -----      Group id present
210     -----      L4_hdr_vld
211     -----      Mpls_plus_ip_pkt
212     -----      ife/ofe for direction
(213-223)  ----      Reserved
(224-239)  ----      16 TCP flags map
(240-255)  ----      16 IPv6 ext header map
```

Puede ver que el valor L4op_sel de 0 puntos al registro LOU0 B, el valor de 1 puntos al registro LOU0 A, el valor de 2 puntos al registro LOU1 B, el valor de 3 puntos al registro LOU1 B, etc. El registro A siempre se programa primero. La salida **3/1/1** tiene más sentido ahora que lo ve.

En este resultado, 3 significa que el L4Op fue programado en el registro LOU1 A. También puede verificar dónde se programa un L4Op si observa directamente el contenido de los registros de LOU:

Sup2T#**show platform software acl lou**

LOUs Registers (shadow copies)

```

Index      Type  A_Op  A_Val  A_Cnt  B_Op  B_Val  B_Cnt
-----
0PKT_QOS_GI A is free.          NEQ      0      1
1 DST_PORT  LT      81      1 B is free.
2 B & A are free
3 B & A are free
4 B & A are free
```

snip


```
Sup2T#show platform hardware acl lou
Dumping h/w lou values
```

Index	lou_mux_sel	A_Opcode	A_Value	B_Opcode	B_Value
0	7	NEQ	0	NEQ	0
1	1	LT	81	NEQ	0
2	0	NEQ	0	NEQ	0
3	0	NEQ	0	NEQ	0

snip

Como puede ver, un tuplo (gt, X) se programa como (LT, X+1) en los registros de LOU.

Nota: Los L4Ops se programan en los registros de LOU SOLAMENTE cuando se aplican a las interfaces. Si las ACL se crean con L4Ops (sin que la ACL se aplique realmente a una interfaz), no programa las L4Ops aplicables en los registros de LOU.

Quite la ACL de la interfaz VLAN 1 y vuelva a observar los registros de la LOU:

```
Sup2T(config)#int vlan 1
Sup2T(config-if)#no ip access-group a3 in
```

```
Sup2T#show platform software acl lou
LOUs Registers (shadow copies)
```

Index	Type	A_Op	A_Val	A_Cnt	B_Op	B_Val	B_Cnt
	0PKT_QOS_GI	A is free.			NEQ	0	1
1	B & A are free						
2	B & A are free						
3	B & A are free						
4	B & A are free						

snip

```
Sup2T#show platform hardware acl lou
Dumping h/w lou values
```

Index	lou_mux_sel	A_Opcode	A_Value	B_Opcode	B_Value
0	7	NEQ	0	NEQ	0
1	1	NEQ	0	NEQ	0
2	0	NEQ	0	NEQ	0
3	0	NEQ	0	NEQ	0

snip

Caso práctico n.º 1: ACL con indicadores TCP

Los indicadores TCP tienen un conjunto especial de registros asignados dentro del rango de registros de LOU. Puede ver este rango a través del comando **show platform software acl capmap mapping** como se muestra aquí:

```
Sup2T#show platform software acl capmap mapping
L4op_sel value      Reference
=====
=====
```



```

I V 32546 13 0 0 0 192.168.13.10 - 192.168.13.20
- 1 0 1 - ----- - 0x0000000000000038
0
I M 32546 0x1FFF 0 0x00 0x000 255.255.255.255 - 255.255.255.255
- 1 0 0xF
I V 32547 13 0 0 0 0.0.0.0 - 0.0.0.0
- 0 0 0 - ----- - 0x0000000040000038
0
I M 32547 0x1FFF 0 0x00 0x000 0.0.0.0 - 0.0.0.0
- 0 0 0x0

```

```

Sup2T#show platform software acl capmap tcam B label 13
Shadow Capmap Table Entry For TCAM B

```

```

-----
Output in a RST/INV/CNT format: RST - result value; INV - inverted;
                               CNT - aggregated reference account;

```

```

CBF - number of free cap bits (one per entry);
Free items are not shown

```

```

-----
Index  CBF      [9]          [8]          [7]          [6]
[5]    [4]          [3]          [2]          [1]
[0]

```

```

-----
-----
13      8 212/0/1          Free          Free          Free
Free    Free          Free          Free          Free 224/0/1

```

En este ejemplo, el indicador TCP se programa en el registro 224 (esto corresponde al primer registro disponible para los indicadores TCP). El conteo agregado para esto corresponde al número de flujos TCP (lea ACE) con el mismo indicador TCP.

Agregue otra ACE a la ACL a13 actual. Esto debería tener un indicador TCP diferente:

```

Sup2T(config)#ip access-list extended a13
Sup2T(config-ext-nacl)#permit tcp host 192.168.1.1 host 192.168.1.2 ack
Sup2T(config-ext-nacl)#exit

```

Si vuelve a observar la tabla de mapa de capturas, verá que se utiliza otro registro TCP:

```

Sup2T#show platform software acl capmap tcam b label 13
Shadow Capmap Table Entry For TCAM B

```

```

-----
Output in a RST/INV/CNT format: RST - result value; INV - inverted;
                               CNT - aggregated reference account;

```

```

CBF - number of free cap bits (one per entry);
Free items are not shown

```

```

-----
Index  CBF      [9]          [8]          [7]          [6]
[5]    [4]          [3]          [2]          [1]
[0]

```

```

-----
-----
13      7 212/0/1          Free          Free          Free

```

Free Free Free Free 225/0/1 224/0/1

Como pueden ver, la programación se realiza por indicador; para cada indicador, se utiliza un registro TCP independiente y se mantiene un conteo con respecto a eso. Esto significa que, para cada indicador, también se utiliza una entrada de mapa de acceso. Esto implica además que técnicamente no puede ir más allá de nueve indicadores en su ACL o alcanzará el límite de mapa de capacidad antes del límite de TCP de 16 indicadores.

Amplíe sus indicadores TCP para alcanzar el límite de registro TCP para ver qué sucede. Este ejemplo muestra varias ACL que se han configurado y aplicado a diferentes VLAN de interfaz para alcanzar una utilización de registro TCP del 100%, como se muestra aquí:

```
Sup2T#show platform hardware capacity acl
```

```
Classification Mgr Tcam Resources
```

```
Key: Ttlent - Total TCAM entries, QoSent - QoS TCAM entries, LOU - LOUs,  
RBLent - RBACL TCAM entries, Lbl - Labels, TCP - TCP Flags,  
Dsttbl - Destinfo Table, Ethcam - Ethertype Cam Table,  
ACTtbl - Accounting Table, V6ext - V6 Extn Hdr Table
```

Module	Ttlent	QoSent	RBLent	Lbl	LOU	TCP	Dsttbl	Ethcam	ACTtbl	V6ext
1	3%	7%	0%	1%	96%	100%	1%	0%	0%	0%
3	3%	7%	0%	1%	96%	100%	1%	0%	0%	0%
4	3%	7%	0%	1%	96%	100%	1%	0%	0%	0%
6	3%	7%	0%	1%	96%	100%	2%	0%	0%	0%

En esta etapa, si decide configurar otra ACL con un indicador TCP único (o una combinación de indicadores TCP que la hace única) y aplicar esto a una interfaz, debe programar un nuevo indicador TCP (o una combinación de indicadores) a un registro TCP. Sin embargo, no hay registros de hardware disponibles. En esta situación, se puentea toda la interfaz.

```
Sup2T(config)#ip access-list extended a29
```

```
Sup2T(config-ext-nacl)#permit tcp host 192.168.1.1 host 192.168.1.2 psh rst
```

```
Sup2T(config-if)#int vlan 29
```

```
Sup2T(config-if)#ip access-group a29 in
```

```
*Oct 6 13:57:47.612: %FMCORE-4-RACL_REDUCED: Interface Vlan29 routed traffic  
will be software switched in ingress direction. L2 features may not be applied  
at the interface
```

```
Sup2T#show platform hardware acl entry interface vlan 29 security in ip
```

```
mls_if_index:2000001D dir:0 feature:0 proto:0
```

```
pass#0 features
```

```
fno:0
```

```
tcam:B, bank:1, prot:0 Aces
```

```
Bridge ip any any
```

Caso práctico n.º 2 - Uso del registro de LOU del 100%

Recuerde que las líneas de negocio son un recurso finito; también puede quedarse sin espacio. Puede monitorear el uso de LOU con este comando:

```
Sup2T#show platform hardware capacity acl
```

```
Classification Mgr Tcam Resources
```

```
Key: Ttlent - Total TCAM entries, QoSent - QoS TCAM entries, LOU - LOUs,  
RBLent - RBACL TCAM entries, Lbl - Labels, TCP - TCP Flags,  
Dsttbl - Destinfo Table, Ethcam - Ethertype Cam Table,  
ACTtbl - Accounting Table, V6ext - V6 Extn Hdr Table
```

Module	Ttlent	QoSent	RBLent	Lbl	LOU	TCP	Dsttbl	Ethcam	ACTtbl	V6ext
1	2%	7%	0%	1%	1%	0%	1%	0%	0%	0%
3	2%	7%	0%	1%	1%	0%	1%	0%	0%	0%
4	2%	7%	0%	1%	1%	0%	1%	0%	0%	0%
6	2%	7%	0%	1%	1%	0%	2%	0%	0%	0%

Escale las ACL para utilizar más LOU. Después de la instalación de varias ACL (con el comando range que toma dos registros de LOU, tanto A como B), este ejemplo muestra un uso de LOU del 96%:

```
Sup2T#show platform hardware capacity acl
```

```
Classification Mgr Tcam Resources
```

```
Key: Ttlent - Total TCAM entries, QoSent - QoS TCAM entries, LOU - LOUs,  
RBLent - RBACL TCAM entries, Lbl - Labels, TCP - TCP Flags,  
Dsttbl - Destinfo Table, Ethcam - Ethertype Cam Table,  
ACTtbl - Accounting Table, V6ext - V6 Extn Hdr Table
```

Module	Ttlent	QoSent	RBLent	Lbl	LOU	TCP	Dsttbl	Ethcam	ACTtbl	V6ext
1	3%	7%	0%	1%	96%	0%	1%	0%	0%	0%
3	3%	7%	0%	1%	96%	0%	1%	0%	0%	0%
4	3%	7%	0%	1%	96%	0%	1%	0%	0%	0%
6	3%	7%	0%	1%	96%	0%	2%	0%	0%	0%

Cree otra ACL y aplíquela a una interfaz que haga que el uso de la LOU exceda el 100%.

```
Sup2T(config)#ip access-list extended a12
```

```
Sup2T(config-ext-nacl)#$68.14.1 host 192.168.14.2 range 1401 1410  
Sup2T(config-ext-nacl)#$68.14.1 host 192.168.14.2 range 1411 1420  
Sup2T(config-ext-nacl)#$68.14.1 host 192.168.14.2 range 1421 1430  
Sup2T(config-ext-nacl)#$68.14.1 host 192.168.14.2 range 1431 1440  
Sup2T(config-ext-nacl)#$68.14.1 host 192.168.14.2 range 1441 1450  
Sup2T(config-ext-nacl)#$68.14.1 host 192.168.14.2 range 1451 1460  
Sup2T(config-ext-nacl)#$68.14.1 host 192.168.14.2 range 1461 1470  
Sup2T(config-ext-nacl)#$68.14.1 host 192.168.14.2 range 1471 1480  
Sup2T(config-ext-nacl)#$68.14.1 host 192.168.14.2 range 1481 1490  
Sup2T(config-ext-nacl)#$68.14.1 host 192.168.14.2 range 1491 1500
```

```
Sup2T(config-ext-nacl)#exit
```

```
Sup2T(config)#int vlan 12
```

```
Sup2T(config-if)#ip access-group a12 in
```

El ejemplo alcanzó el 100% de uso de LOU; sin embargo, observe que no se recibió ningún mensaje de error.

```
Sup2T#show platform hardware capacity acl
```

```
Classification Mgr Tcam Resources
```

```
Key: Ttlent - Total TCAM entries, QoSent - QoS TCAM entries, LOU - LOUs,  
RBLent - RBACL TCAM entries, Lbl - Labels, TCP - TCP Flags,  
Dsttbl - Destinfo Table, Ethcam - Ethertype Cam Table,  
ACTtbl - Accounting Table, V6ext - V6 Extn Hdr Table
```

Module	Ttlent	QoSent	RBLent	Lbl	LOU	TCP	Dsttbl	Ethcam	ACTtbl	V6ext
1	3%	7%	0%	1%	100%	0%	1%	0%	0%	0%


```
IP_DA      DST_PORT F FF L4PROT TCP-F:UAPRSF MLGFI OtherL4OPs
RSLT      CNT
```

```
fno:0
```

```
tcam:B, bank:0, prot:0 Aces
```

```
I V 16136 14 0 0 0 192.168.14.1 - 192.168.14.2
1650 0 0 1 - ----- - 0x00000000000000038
0
I M 16136 0x1FFF 0 0x00 0x000 255.255.255.255 - 255.255.255.255
0xFFFF 0 0 0xF
I V 16137 14 0 0 0 192.168.14.1 - 192.168.14.2
1648 0 0 1 - ----- - 0x00000000000000038
0
I M 16137 0x1FFF 0 0x00 0x000 255.255.255.255 - 255.255.255.255
0xFFFFE 0 0 0xF
I V 16138 14 0 0 0 192.168.14.1 - 192.168.14.2
1632 0 0 1 - ----- - 0x00000000000000038
0
I M 16138 0x1FFF 0 0x00 0x000 255.255.255.255 - 255.255.255.255
0xFFFF0 0 0 0xF
I V 16139 14 0 0 0 192.168.14.1 - 192.168.14.2
1600 0 0 1 - ----- - 0x00000000000000038
0
I M 16139 0x1FFF 0 0x00 0x000 255.255.255.255 - 255.255.255.255
0xF
I V 16140 14 0 0 0 192.168.14.1 - 192.168.14.2
- 1 0 1 - ----- - 0x00000000000000038
0
```

```
Sup2T#show platform software acl capmap tcam B label 14
```

```
Shadow Capmap Table Entry For TCAM B
```

```
-----
Output in a RST/INV/CNT format: RST - result value; INV - inverted;
CNT - aggregated reference account;
```

```
CBF - number of free cap bits (one per entry);
```

```
Free items are not shown
```

```
-----
Index  CBF      [9]          [8]          [7]          [6]
[5]    [4]      [3]          [2]          [1]
[0]
```

```
-----
-----
-----
14     9 212/0/1          Free          Free          Free
Free          Free          Free          Free          Free
Free
```

Acá una explicación de lo que pasó. Debido a que los registros de LOU están llenos, ya no puede instalar ningún L4Ops nuevo allí y no se puede hacer referencia a nada en la tabla de mapa de capturas. En esta etapa, todavía intenta instalar los L4Ops en TCAM ampliándolos. Si los L4Ops no son expandibles, entonces el software conmuta toda la interfaz en la dirección dada.

¿Qué implica un uso de registro de LOU del 100%? Su TCAM comienza a llenarse rápidamente (debido a la expansión de L4Op). Si intenta instalar L4Ops no expansible, con la implementación actual, toda la interfaz se puentea con el software.

Tal como está ahora, sólo se genera un error cuando se intenta instalar un L4Op no expansible en tal situación. Este ejemplo modificó la ACL a13 actual que se aplicó a la interfaz VLAN 13 con la adición de un L4Op no expansible.

```
Sup2T(config)#ip access-list extended a13
Sup2T(config-ext-nacl)#permit tcp host 192.168.14.1 host 192.168.14.2 dscp 40

Oct  5 04:50:13.104: %FMCORE-4-RACL_REDUCED: Interface Vlan13 routed traffic will
be software switched in ingress direction. L2 features may not be applied at the
interface
Oct  5 04:50:13.096: %EARL_CM-DFC3-5-NOLOU: No free LOU entry available on the EARL
Oct  5 04:50:13.096: %EARL_CM-DFC1-5-NOLOU: No free LOU entry available on the EARL
Oct  5 04:50:13.096: %EARL_CM-DFC4-5-NOLOU: No free LOU entry available on the EARL
```

```
Sup2T#show platform hardware acl entry interface vlan 13 security in ip
mls_if_index:2000000D dir:0 feature:0 proto:0
```

```
pass#0 features
```

```
fno:0
```

```
tcam:B, bank:0, prot:0      Aces
```

```
Bridge                ip any any
```

Caso práctico n.º 3: programación de QoS con L4Ops

Las políticas de QoS también pueden hacer referencia a L4Ops; estos L4Ops se deben instalar como cualquier otro L4Op. Esto implica que por interfaz, incluso para sus políticas de QoS, está limitado por las restricciones que tienen inherentemente las tablas de capmap y las LOU. A continuación se muestra un ejemplo para ilustrar esto de una manera pequeña:

```
Sup2T#show ip access-lists a1
Extended IP access list a1
 10 permit tcp host 192.168.1.10 host 192.168.2.10 dscp ef
```

```
Sup2T#show class-map a1-class
Class Map match-all a1-class (id 37)
Match access-group name a1
```

```
Sup2T#show policy-map a1-policy
Policy Map a1-policy
Class a1-class
  police cir 80000 bc 2500
    conform-action transmit
    exceed-action drop
```

Este ejemplo tiene un policy-map que coincide con un class-map que llama a la lista de acceso a1 que coincide con el tráfico de 192.168.1.10 a 192.168.2.10 marcado con Reenvío acelerado (EF). La coincidencia en un valor DSCP es un L4Op no expandible; esto se requiere para programarse en un registro de LOU y se hace referencia a través de una entrada en la tabla capmap. Este

policy-map ahora se instala de entrada a gig3/23.

```
Sup2T#show run int gig3/23
Building configuration...

Current configuration : 176 bytes
!
interface GigabitEthernet3/23
  switchport
  switchport trunk allowed vlan 1-30
  switchport mode trunk
  service-policy input a1-policy
end
```

Para ver la programación de QoS para una interfaz, utilice este comando:

```
Sup2T#show platform hardware acl entry interface gig3/23 qos in ip module 3
mls_if_index:8096000 dir:0 feature:1 proto:0
```

pass#0 features

fno:0

tcam:A, bank:0, prot:0 Aces

```
0x0000E0100000D00B tcp host 192.168.1.10 host 192.168.2.10 dscp eq 46
0x000000000080D00B ip any any
```

Si se desmarca este comando, se obtiene la etiqueta TCAM utilizada en esta interfaz.

```
Sup2T#show platform hardware acl entry interface gig3/23 qos in ip detail module 3
mls_if_index:8096000 dir:0 feature:1 proto:0
```

pass#0 features

UAPRSF: U-urg, A-ack, P-psh, R-rst, S-syn, F-fin
MLGFI: M-mpls_plus_ip_pkt, L-L4_hdr_vld, G-gpid_present, F-global_fmt_match, I-ife/ofe
's' means set; 'u' means unset; '-' means don't care

```
-----
-----
-----
I      INDEX LABEL FS ACOS   AS           IP_SA          SRC_PORT
IP_DA          DST_PORT F FF L4PROT TCP-F:UAPRSF MLGFI OtherL4OPs
RSLT                    CNT
```

fno:0

tcam:A, bank:0, prot:0 Aces

```
I  V  16238      2  0    0    0    192.168.1.10      -    192.168.2.10
-  0  0      1    -    -    -    dscp=46;          0x0000E0100000D00B
0
I  M  16238 0x1FFF  0 0x00 0x000 255.255.255.255 -    255.255.255.255
-  0  0      0xF
```

```

I V 16239      2 0 0 0      0.0.0.0      -      0.0.0.0
- 0 0 0 - ----- -      0x000000000080D00B
0
I M 16239 0x1FFF 0 0x00 0x000      0.0.0.0      -      0.0.0.0
- 0 0 0x0

```

La etiqueta TCAM que se utiliza es 2. Mire la tabla de mapa de capacidad para esto ahora:

```
Sup2T#show platform software acl capmap tcam A label 2 module 3
```

```
Shadow Capmap Table Entry For TCAM A
```

```
-----
Output in a RST/INV/CNT format: RST - result value; INV - inverted;
                               CNT - aggregated reference account;
```

```
CBF - number of free cap bits (one per entry);
```

```
Free items are not shown
```

```
-----
Index   CBF      [9]          [8]          [7]          [6]
[5]     [4]     [3]          [2]          [1]
[0]
```

```
-----
-----
-----
2      8 212/0/1      Free      Free      Free
Free      Free      Free      Free      Free      2/1/1
```

Nota: Para QoS TCAM, debe especificar el número de módulo. Sin esto, el resultado no arroja ningún resultado.

```
Sup2T#show platform software acl capmap mapping
```

```

L4op_sel value      Reference
=====
0      -----      LOU0 B register
1      -----      LOU0 A register
2      -----      LOU1 B register
3      -----      LOU1 A register

```

```
*snip*
```

Un valor de LOU de 2 puntos a LOU1, registro B. Puede confirmar esta programación con este comando:

```
Sup2T#show platform hardware acl lou
```

```
Dumping h/w lou values
```

```

Index  lou_mux_sel  A_Opcode  A_Value  B_Opcode  B_Value
-----
0      7          NEQ      0        NEQ      0
1      4          NEQ      0        NEQ      46
2      1          NEQ      0        NEQ      0

```

```
*snip*
```

Ampliar la configuración.

```
Sup2T#show ip access-lists a1
```

```
Extended IP access list a1
```

```
10 permit tcp host 192.168.1.10 host 192.168.2.10 dscp ef
```

```

20 permit tcp host 192.168.2.11 host 192.168.2.11 dscp ef
30 permit tcp host 192.168.3.11 host 192.168.3.11 dscp ef
40 permit tcp host 192.168.4.11 host 192.168.4.11 dscp ef
50 permit tcp host 192.168.5.11 host 192.168.5.11 dscp ef
60 permit tcp host 192.168.6.11 host 192.168.6.11 dscp ef
70 permit tcp host 192.168.7.11 host 192.168.7.11 dscp ef
80 permit tcp host 192.168.8.11 host 192.168.8.11 dscp ef

```

```

Sup2T#show platform software acl capmap tcam A label 2 module 3
Shadow Capmap Table Entry For TCAM A

```

```

-----
Output in a RST/INV/CNT format: RST - result value; INV - inverted;
                               CNT - aggregated reference account;

```

```

CBF - number of free cap bits (one per entry);
Free items are not shown

```

```

-----
Index   CBF      [9]          [8]          [7]          [6]
[5]     [4]     [3]          [2]          [1]
[0]

```

```

-----
      2      8 212/0/1          Free          Free          Free
Free          Free          Free          Free          Free          2/1/8

```

Esto no utiliza más entradas; en su lugar, aumenta el recuento de referencia agregado con respecto a la primera entrada en sí, lo que tiene sentido. Desde la perspectiva de una tabla de mapa de mayúsculas y del registro de LOU, no hay preocupación sobre el origen y el destino. Esto simplemente almacena la información de L4Op. Puesto que coincide con el mismo valor DSCP en todas las ACE, sólo necesita una entrada para ese valor DSCP.

Modifique esto para que utilice nueve valores DSCP diferentes.

```

Sup2T#show ip access-lists a1

```

```

Extended IP access list a1

```

```

10 permit tcp host 192.168.1.10 host 192.168.2.10 dscp af11
20 permit tcp host 192.168.2.11 host 192.168.2.11 dscp af12
30 permit tcp host 192.168.3.11 host 192.168.3.11 dscp af13
40 permit tcp host 192.168.4.11 host 192.168.4.11 dscp af21
50 permit tcp host 192.168.5.11 host 192.168.5.11 dscp af22
60 permit tcp host 192.168.6.11 host 192.168.6.11 dscp af23
70 permit tcp host 192.168.7.11 host 192.168.7.11 dscp af31
80 permit tcp host 192.168.8.11 host 192.168.8.11 dscp af32
90 permit tcp host 192.168.9.11 host 192.168.9.11 dscp af33

```

Ahora, si observan la tabla de mapa de capturas, verán que está llena:

```

Sup2T#show platform software acl capmap tcam A label 2 module 3
Shadow Capmap Table Entry For TCAM A

```

```

-----
Output in a RST/INV/CNT format: RST - result value; INV - inverted;
                               CNT - aggregated reference account;

```

```

CBF - number of free cap bits (one per entry);
Free items are not shown

```

```

Index   CBF           [9]                [8]                [7]                [6]
[5]     [4]                [3]                [2]
[1]     [0]
-----
-----
-----

```

```

      2      0 212/0/1          10/1/1          9/1/1          8/1/1
7/1/1          6/1/1          5/1/1          4/1/1          3/1/1
2/1/1

```

Esto es lo que sucede si intenta instalar otra entrada no expansible basada en L4Op:

```

Sup2T(config-ext-nacl)#permit tcp host 192.168.10.11 host 192.168.10.11 dscp 2
Sup2T(config-ext-nacl)#end

```

```

%QM-4-TCAM_ENTRY: Hardware TCAM entry programming failed for slot 3 intf Gi3/23
dir IN: <CONFIG_UPDATE_REQ> TCAM Req Error: FAIL (4): Low TCAM Entries (1)
%QM-4-TCAM_ENTRY: Hardware TCAM entry programming failed for slot 3 intf Gi3/23
dir IN: <CONFIG_UPDATE_REQ> TCAM Req Error: FAIL (4): Low TCAM Entries (1)
%QM-4-TCAM_ENTRY: Hardware TCAM entry programming failed for slot 3 intf Gi3/23
dir IN: <CONFIG_UPDATE_REQ> TCAM Req Error: FAIL (4): Low TCAM Entries (1)
%QM-4-TCAM_ENTRY: Hardware TCAM entry programming failed for slot 3 intf Gi3/23
dir IN: <CONFIG_UPDATE_REQ> TCAM Req Error: FAIL (4): Low TCAM Entries (1)
%QM-4-TCAM_ENTRY: Hardware TCAM entry programming failed for slot 3 intf Gi3/23
dir IN: <CONFIG_UPDATE_REQ> TCAM Req Error: FAIL (4): Low TCAM Entries (1)
%QM-4-TCAM_ENTRY: Hardware TCAM entry programming failed for slot 3 intf Gi3/23
dir IN: <CONFIG_UPDATE_REQ> TCAM Req Error: FAIL (4): Low TCAM Entries (1)
%FMCORE-6-RACL_ENABLED: Interface GigabitEthernet3/23 routed traffic is hardware
switched in ingress direction

```

Oct 20 17:12:54.304: %EARL_CM-DFC3-5-NOCAPMAP: No free capmap entry available

Mire el TCAM para esta interfaz ahora:

```

Sup2T#show platform hardware acl entry interface gig3/23 qos in ip module 3

```

```

mls_if_index:8096000 dir:0 feature:1 proto:0

```

Couldnt find feature for mls_if_index 0x8096000, dir 0

Ya no se ha instalado ninguna de las funciones de QoS en el TCAM para esta interfaz.

Observe que el marcado no consume ningún L4Ops. Por lo tanto, si tiene una ACL simple que no tiene L4Ops y configura un valor DSCP en match, no se utilizan registros de LOU para esto. Aquí tiene un ejemplo:

```

Sup2T#show policy-map a1-policy

```

```

Policy Map a1-policy
  Class a1-class
    set dscp ef

```

```

Sup2T#show class-map a1-class

```

```

Class Map match-all a1-class (id 37)
  Match access-group name a1

```

```

Sup2T#show ip access-lists a1

```

```

Extended IP access list a1
  10 permit tcp host 192.168.1.1 host 192.168.2.1

```

Esto se aplica a la interfaz gig3/23:


```

-----
-----
-----
3      9 212/0/1      Free      Free      Free
Free      Free      Free      Free      Free
Free

```

Caso práctico n.º 4: las ACL de doble pila provocan el agotamiento de CAPMAP

En este ejemplo, hay una interfaz configurada para utilizar las ACL IPv4 e IPv6 que crean estos errores cuando se activa la interfaz:

```

%EARL_CM-5-NOCAPMAP: No free capmap entry available
%FMCORE-4-RACL_REDUCED: Interface Vlan500 routed traffic will be software switched in ingress
direction.
    L2 features may not be applied at the interface

```

Sin embargo, si sólo se elimina la ACL IPv4 y después se lee en la misma interfaz, la programación de hardware se completa correctamente y el error ya no se genera.

Para este ejemplo, estas ACL se configuran bajo la SVI:

```

Switch#sh ip access-lists INGRESS
Extended IP access list INGRESS
 10 permit tcp host 1.1.1.1 host 1.1.1.2 range 1 10
 20 permit tcp host 1.1.1.3 host 1.1.1.4 range 10 ftp-data
 30 permit tcp host 2.1.1.3 host 2.1.1.4 range 30 40
 40 permit tcp host 2.1.1.3 host 2.1.1.4 range 85 100
 50 permit tcp host 2.1.1.3 host 10.1.1.1 range 222 333
 60 permit tcp host 20.5.4.3 host 10.100.100.1 range www 443
 70 permit tcp host 200.50.4.3 host 11.11.11.1 range 800 813
 80 permit tcp host 200.50.40.30 host 12.12.11.1 range 50 60
 90 permit tcp host 13.13.13.3 host 14.14.14.3 range gopher 90
100 permit tcp host 23.23.23.3 host 14.14.10.1 range 123 345
110 permit udp host 123.123.123.1 range 50 60 host 23.23.23.1 range 10 20
120 permit udp host 45.45.43.1 range 1000 1010 host 1.1.1.1 range 50 65
130 permit tcp host 78.78.78.1 range 89 95 host 2.3.4.5 range 1111 1200
140 permit tcp host 5.5.5.50 eq 65000 host 5.4.5.4
150 permit tcp host 5.15.5.150 range 1200 1250 host 1.7.8.4 range 45 65

Switch#show ipv6 access-list DENY-ALL-V6
IPv6 access list DENY-ALL-V6
  permit udp FE80::/64 host FF02::66 eq 2000 sequence 10
  deny ipv6 any any sequence 20

```

Como se ha visto en el ejemplo anterior, la ACL IPv4 tiene más de nueve L4Ops únicas ampliables. Bajo una interfaz configurada solamente con IPv4, éstos se expandirán según sea necesario para no agotar la tabla capmap.

Cuando se programan en el hardware TCAM en un entorno de pila doble, el switch comienza primero con la ACL IPv4. Con entradas libres insuficientes en la tabla de mapa de capacidad, el switch expande algunas de las L4Ops expandibles para llenar la tabla de mapa de capacidad sin excederla. El resultado es que ahora el número de entradas libres en la tabla es 0, lo que significa que ahora no hay entradas disponibles para programar el L4Op no expansible que se requiere

cuando se programa el ACL IPv6 siguiente.

Cuando elimina sólo la ACL IPv4, aumenta el número de entradas libres en la tabla de mapa de capturas y la ACL IPv6 se programa correctamente en el hardware y utiliza una de las entradas de mapa de capacidad recién liberadas. Cuando se vuelve a aplicar la ACL IPv4 a la configuración de la interfaz, vuelve a producirse la misma expansión. Sólo ahora se expande una entrada IPv4 adicional como resultado de la ACL IPv6 que utiliza un valor de mapa de capturas libre. Dado que todos los L4Ops se pueden ampliar en esta ACL, la programación se realiza correctamente.

Para evitar la extracción manual y la adición de la ACL IPv4 para permitir que las entradas se fusionaran en el hardware, se creó una mejora para cambiar el algoritmo de fusión TCAM en tales escenarios. Consulte Cisco bug ID [CSCuq24924](#) para obtener más información.

Como resultado de esta mejora, las versiones "fijas" de software ahora tendrán una opción configurable en la configuración global que cambia la forma en que se programan los L4Ops en instancias como una implementación de ACL IPv4/v6 de doble pila. Este es el cambio de configuración que se puede realizar

```
Switch(config)#platform hardware acl tcam-exp-logic enable
```

Nota: Debido a los cambios introducidos como resultado de esta mejora, las L4Ops expandibles se expanden a una velocidad mayor de lo normal y pueden causar un aumento significativo en la utilización de TCAM como resultado de la expansión.