

¿Qué hay realmente en las vías cuando se usa un sistema digital?

© Juan Carlos Viana

Aunque se ha puesto todo el cuidado en la elaboración de esta información, el autor no se responsabiliza de cualquier daño material o personal que pudiera ocasionarse por seguir las instrucciones contenidas en estas páginas

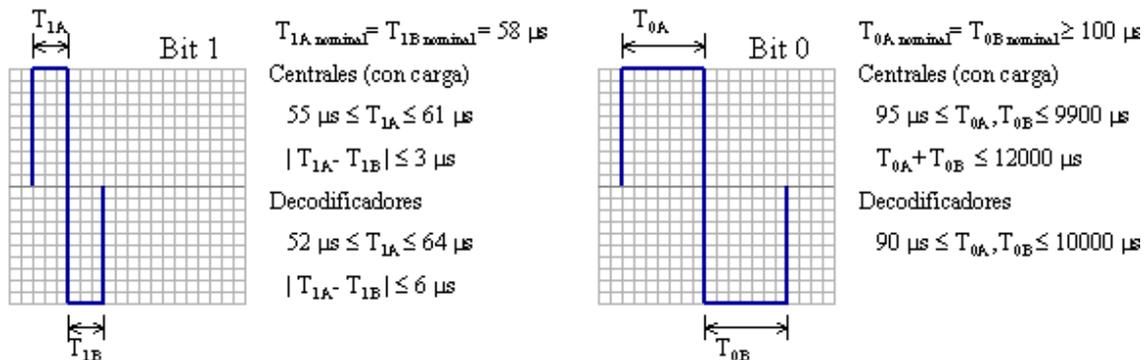
Todos los sistemas de control digital con presencia significativa en el mercado del modelismo ferroviario resuelven con el mismo método la problemática de añadir la señal de control a la señal de potencia que alimenta los motores de los modelos. En todos los casos se utiliza como señal base una señal de pulsos rectangulares cuya amplitud varía entre dos niveles de voltaje del mismo valor y polaridad opuesta (+V y -V). Sobre esta señal base se codifican valores binarios ('0' y '1') por variación de la duración de sus pulsos. Mediante estos valores binarios o agrupaciones de los mismos se pueden codificar paquetes de información que se intercambian entre la central digital y el decodificador y que éste interpreta como órdenes de control. El método de codificación de valores binarios y la estructura y significado de los mensajes que con ellos se construyen, es decir, el protocolo de comunicación, definen las diferencias entre los diferentes sistemas digitales. La utilización de una señal base con las mismas características es la clave que permite diseñar centrales capaces de manejar simultáneamente varios protocolos sobre la misma vía y decodificadores con capacidad de recibir e interpretar mensajes de diferentes estándares digitales.

En lo que sigue se describen, con cierto nivel de detalle, las principales características de los dos sistemas que más ampliamente se usan: NMRA DCC y Marklin Motorola (en sus versiones antigua y nueva). Con su lectura detallada, al lector le quedará claro que DCC y Motorola nada tienen que ver con utilizar vías de dos raíles o vías con carril central.

NMRA Digital Command Control (DCC)

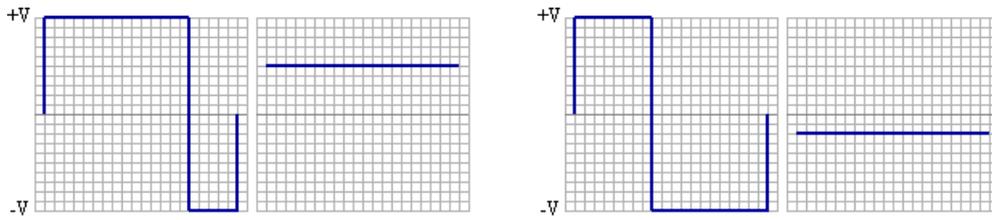
Codificación de bits

De acuerdo con el estándar NMRA S-91 (Electrical Standards for DCC), los bits se codifican sobre la señal base como muestra la figura y se describe a continuación.



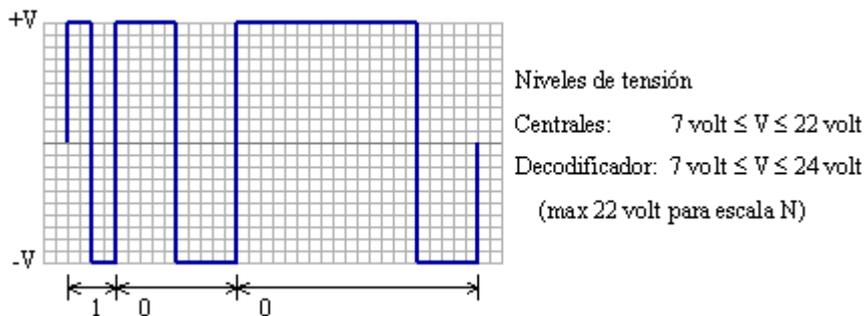
- Bit '1'. Un ciclo completo de la señal rectangular en el que cada semiciclo tiene la misma duración (típicamente 58 microsegundos, lo que hace un total de 116 microsegundos para el bit). Se admite que las centrales DCC emitan la señal con diferencias sobre el valor nominal y entre las duraciones de los semiciclos en los rangos que se indican en la figura. Por su parte, los decodificadores deben reconocer como bits '1' válidos aquellas dentro de los límites que se indican.
- Bit '0'. Es un ciclo completo en el que cada semiciclo debe tener una duración mayor o igual de 100 microsegundos. Se admite como válido que una central emita semiciclos de entre 95 y 9900 microsegundos, siempre que la duración total no exceda los 12000 microsegundos. Los decodificadores deben admitir como bits '0' válidos aquellos cuya duración de semiciclo se encuentre entre los valores indicados en la figura.

En la medida en que no se obliga a que los semiciclos de los bits '0' tengan la misma duración, el valor medio de la señal resultante puede no ser cero, lo que, con dos ejemplos diferentes (uno con valor medio positivo y otro con valor medio negativo) se muestra en la figura siguiente.

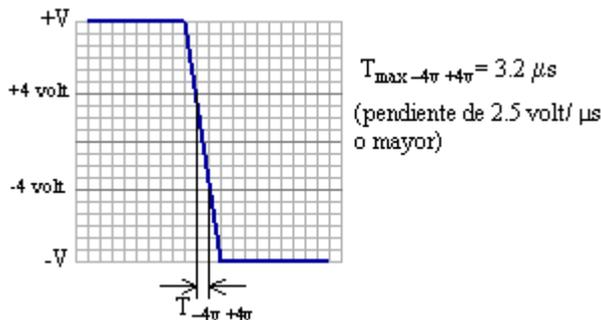


La posibilidad de variar la relación entre la duración de los semiciclos positivo y negativo de los bits '0' permitiría a una central digital DCC generar una señal, que independientemente de los bits usados para el control digital, sirva para gobernar una locomotora convencional (analógica) por variación del valor medio de la tensión. En estos casos hay que tener en cuenta que el motor de la locomotora, diseñado para funcionar con una señal continua, estará siendo alimentado realmente por una señal rectangular asimétrica, lo que puede producir comportamientos no deseados del motor (calentamiento, ruidos y vibraciones).

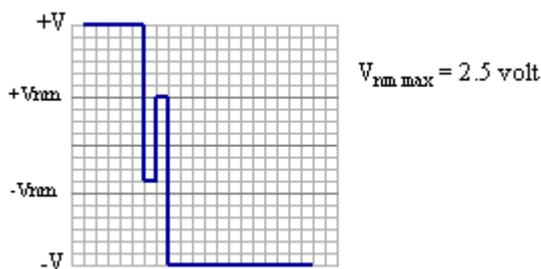
La siguiente figura muestra la forma en que se codificaría, según el estándar DCC, la secuencia de bits '100'. Para el primer cero, se ha elegido que el semiciclo positivo tenga la misma duración que el semiciclo negativo. Para el segundo, el semiciclo positivo tiene más duración, con lo que el valor medio de la señal no es cero, sino que tiene un valor positivo.



En la realidad, puesto que no son posibles las transmisiones de señal con ancho de banda infinito, las transiciones entre semiciclos no son nunca totalmente verticales y tienen pendiente finita. La figura siguiente muestra el valor máximo permitido por el estándar para tiempo de transición de la señal DCC en el entorno del cruce por cero (en concreto entre -4 y +4 volt). Las centrales digitales deben cumplir este valor máximo en el punto de salida de señal y para todo el rango de carga que permitan.



La norma permite superponer señales no DCC a la señal DCC con propósitos particulares siempre que los decodificadores puedan descartarlas y que no supongan una distorsión no monotónica en el paso de la señal por cero de amplitud mayor de +/-2.5 volt. La siguiente figura muestra un ejemplo de este tipo de distorsión, que hace que la señal, durante la transición negativa, realice una transición positiva intermedia.



Paquetes básicos DCC

De acuerdo con el estándar NMRA S92 (Communications Standards for DCC), la estructura de una paquete NMRA válido es la siguiente:



Entre el byte de datos y el bit '1' final puede haber repetición de bytes de datos separados por bits '0'

- Preámbulo

Es una secuencia de bits '1' que sirve para que los decodificadores identifiquen y se sincronicen con el principio del paquete. Las centrales digitales deben enviar un mínimo de 14 bits '1' completos en el preámbulo. Por su parte, los decodificadores no deben admitir como preámbulos válidos aquellos con menos de 10 bits '1' completos ni deben requerir más de 12 bits '1' completos para recibir correctamente el paquete.

- Byte de dirección

Contiene la dirección del destinatario del paquete (o parte de ella, si se utilizan varios bytes). Puede también contener una instrucción (para paquetes relativos al modo de servicio). Se reservan para opciones especiales las direcciones 00000000 (0), 11111110 (254) y 11111111 (255). El hecho de identificar a los destinatarios mediante direcciones implica que los decodificadores deben ser capaces de retener y reconocer su propia dirección, que debe poder ser fácilmente configurable por el usuario. Las centrales digitales pueden restringir el rango de direcciones válidas soportadas, de manera que no estén disponibles todas a las que el campo dirección podría dar lugar, siempre que este hecho se indique claramente en la documentación.

- Byte de datos

Puede contener una dirección, un dato, una instrucción o información para detección de errores.

- Bit '1' final

Indica fin del paquete y puede ser el primer bit del preámbulo del paquete siguiente si no se utilizan bits de relleno entre paquetes.

Tanto en los bytes completos como en los campos de que pueden estar formados los bytes siempre se transmite el bit más significativo el primero y el menos significativo el último.

Puesto que los paquetes DCC enviados a los decodificadores pueden perderse por problemas de transmisión, las centrales digitales deben repetir su envío tan frecuentemente como sea posible. Debe ser posible configurar las centrales digitales para que transmitan un paquete completo al menos cada 30 mseg (tiempo medido entre los bits iniciales de cada paquete). Los decodificadores deben ser capaces de

reaccionar correctamente frente a la recepción múltiple de paquetes, siempre que éstos se reciban separados al menos 5 mseg. en el tiempo. Debe tenerse especial cuidado de no enviar dos paquetes con direcciones idénticas en el rango 112-127 con separación inferior a 5 mseg., pues los decodificadores antiguos pueden interpretarlos como paquetes de modo de servicio. Si un decodificador recibe un paquete no válido, debe de ser capaz en cualquier caso de reconocer el siguiente preámbulo válido como el comienzo de un nuevo paquete.

Según el estándar DCC, se anima a los constructores de decodificadores a que incluyan mecanismos de conversión automática para diferentes tipos de señales de potencia y formatos de control adicionales a DCC, siempre que dicha conversión automática pueda deshabilitarse por el usuario. Si la conversión automática está habilitada en el decodificador, éste debe mantenerse en modo DCC mientras reciba paquetes DCC válidos con tiempos entre bits iniciales menores o iguales a 30 mseg. Si está deshabilitada, el decodificador debe mantenerse en modo DCC independientemente de la temporización en la recepción de paquetes. Como caso particular de conversión automática puede citarse el paso de modo digital a modo convencional (analógico). Éste tiene asignado el código 00000001 de la NMRA y permite utilizar locomotoras con decodificador DCC en entornos no digitales en los que se utiliza tensión continua variable. Otras conversiones con código asignado por la NMRA son Radio (00000010), Zero-1 (00000100), TRIX (00001000) y CTC-16/Railcommand (00010000). Hay que indicar que el uso simultáneo de protocolo DCC y Motorola, por utilizar la misma señal base, no necesita de conversión automática.

El estándar NMRA S-92 (Communications Standards for DCC) define el siguiente conjunto de 4 paquetes básicos que constituyen el mínimo exigible para asegurar interoperabilidad entre sistemas diferentes y cuya estructura, que es conforme a la general de un paquete DCC es:

111111111111	0	0AAAAAAA	0	01DCSSSS	0	EEEEEEEE	1
--------------	---	----------	---	----------	---	----------	---

- Velocidad y dirección para decodificadores de locomotora

111111111111	0	0AAAAAAA	0	01DCSSSS	0	EEEEEEEE	1
--------------	---	----------	---	----------	---	----------	---

El byte de dirección (0AAAAAAA) contiene la dirección del decodificador destinatario. Con los 7 bits disponibles para codificar la dirección y teniendo en cuenta las direcciones reservadas, se admiten direcciones en el rango 1-127. El byte de instrucción (01DCSSSS) contiene la información de velocidad y sentido para el decodificador. Consta del campo fijo '01' que identifica la instrucción de velocidad/dirección, el bit D de dirección (el valor '1' indica hacia delante), cuatro bits para codificar el paso de velocidad y un bit C que puede servir como bit adicional (el menos significativo) para codificar el paso de velocidad (para el caso de usar 28 pasos) o para control de las luces de la locomotora (caso del uso de 14 pasos de velocidad en modo compatible con modelos antiguos de decodificador). En el caso de usar sólo los bits SSSS para codificar la velocidad, de los 16 valores posibles se reservan dos para indicar parada (normal y de emergencia), con lo que quedan 14 pasos posibles para el uso normal. En el caso de usar los bits CSSSS, de los 32 valores posibles, se reservan 4 (dos para parada normal y dos para parada de emergencia), con lo que quedan 28 posibles para el uso normal. A continuación se incluye la tabla de codificación de pasos de velocidad. En los casos de parada en los que el bit c='1', el bit de dirección puede ignorarse para las funciones sensibles a la dirección.

CSSSS	Velocidad	CSSSS	Velocidad	CSSSS	Velocidad	CSSSS	Velocidad
00000	Parada	00100	Paso 5	01000	Paso 13	01100	Paso 21
10000	Parada	10100	Paso 6	11000	Paso 14	11100	Paso 22
00001	Parada de emergencia	00101	Paso 7	01001	Paso 15	01101	Paso 23
10001	Parada de emergencia	10101	Paso 8	11001	Paso 16	11101	Paso 24
00010	Paso 1	001100	Paso 9	01010	Paso 17	01110	Paso 25
10010	Paso 2	10110	Paso 10	11010	Paso 18	11110	Paso 26

00011	Paso 3	00111	Paso 11	01011	Paso 19	01111	Paso 27
10011	Paso 4	10111	Paso 12	11011	Paso 20	11111	Paso 28

El byte de detección de errores (EEEEEEEE) se calcula realizando la operación de OR exclusivo (0 XOR 0=0, 0 XOR 1=1, 1 XOR 0=1, 1 XOR 1=0) bit a bit de los bytes de dirección y velocidad. Todo decodificador que recibe un paquete, debe calcular el resultado y compararlo con el valor recibido. Si la comparación no es exacta, puede ignorar el paquete recibido.

- Reset (para todos los decodificadores)

111111111111	0	00000000	0	00000000	0	00000000	1
--------------	---	----------	---	----------	---	----------	---

Cuando un decodificador recibe este paquete debe parar inmediatamente la locomotora que tenga bajo su control, borrar su memoria volátil (incluidos datos de dirección y velocidad) y volver al estado normal tras un arranque. Tras el envío de un paquete de reset, hasta transcurridos 20 mseg., la central no debe enviar paquetes con la dirección en el rango 01100100-01111111 (100-127), salvo que se pretenda entrar en el modo de servicio.

- Vacío (para todos los decodificadores)

111111111111	0	11111111	0	00000000	0	11111111	1
--------------	---	----------	---	----------	---	----------	---

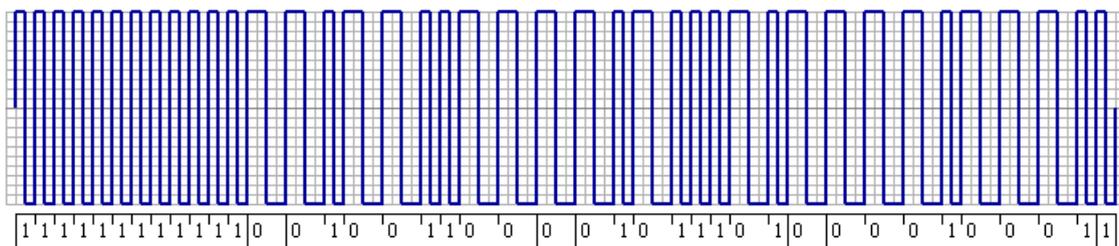
Cuando un decodificador recibe este paquete, que incluye un byte de dirección con valor 255 (reservado), no debe hacer nada, aunque para él debe contar como si se tratara de un paquete normal dirigido a otro decodificador. Este paquete es un paquete típico "de relleno" utilizado por las centrales digitales cuando no tienen otros paquetes que transmitir y desean mantener en modo digital a los decodificadores que puedan estar en la instalación.

- Parada general (para todos los decodificadores)

111111111111	0	00000000	0	01DC000S	0	EEEEEEEE	1
--------------	---	----------	---	----------	---	----------	---

Si S='0', todos los decodificadores realizarán una parada normal (de acuerdo con la tasa de frenado con la que se hayan configurado) del motor de la locomotora que controlen. Si S='1', la parada será de emergencia (corte inmediato de la tensión al motor). En este caso, si C='1', puede ignorarse opcionalmente el valor del bit de dirección D para las funciones sensibles a la dirección.

La figura siguiente muestra un paquete que indica a la locomotora 76 que se ponga en el paso de velocidad 24 marchando hacia atrás.



En el documento de prácticas recomendadas NMRA RP-9.2.1 DCC Extended Packet Formats se extiende el conjunto de paquetes básicos con un amplio conjunto de paquetes en formato extendido. Hay que indicar que, aunque dicho documento no es un estándar NMRA, la mayoría de los fabricantes incorporan en sus centrales y decodificadores lo incluido en él, habida cuenta de la ampliación de capacidades de control que ello supone (direcciones extendidas, modo de servicio, control de multitracción, 128 pasos de

velocidad, ...). A continuación se describe el conjunto de formatos de paquete extendidos, que siguen la norma general en cuanto a estructura de un paquete DCC válido, pero en vez de incluir 3 bytes de datos separados por '0', pueden incluir entre 3 y 6 bytes de datos separados por '0'. Para la descripción se utiliza

- A para denotar un bit del campo dirección
- C para denotar un bit de un campo tipo instrucción
- D para denotar un bit de un campo de datos
- U para denotar un bit de valor indefinido (válido '0' o '1')
- E para denotar un bit de detección de error

El primer byte de todo paquete de formato extendido contiene la dirección primaria de su destinatario. Esta dirección primaria puede tener valores dentro del siguiente espacio de direcciones (hay que aclarar que, para el caso de direcciones con más de 7 bits, el valor correspondiente a los bits de la dirección primaria debe completarse con bits adicionales del siguiente byte en el paquete, tal como se muestra en cada caso):

- Dirección 00000000 (0): dirección especial de difusión (*broadcast*).

00000000

- Direcciones 00000001 a 01111111 (1 a 127): decodificadores multifunción con direcciones de 7 bits

0A₆A₅A₄A₃A₂A₁A₀

Total de direcciones disponibles: 127 (1 a 127)

- Direcciones 10000000 a 10111111 (128 a 191): decodificadores de accesorios básicos con direcciones de 9 bits y decodificadores de accesorios extendidos con direcciones de 11 bits.

10A₅A₄A₃A₂A₁A₀ 0 1A₇A₆A₅CDDD

Total de direcciones disponibles: 512 (0 a 511)

10A₅A₄A₃A₂A₁A₀ 0 0A₁₀A₉A₈0A₇A₆1

Total de direcciones disponibles: 2048 (0 a 2047)

- Direcciones 11000000 a 11100111 (192 a 231): decodificadores multifunción con direcciones de 14 bits.

11A₅A₄A₃A₂A₁A₀ 0 A₁₃A₁₂A₁₁A₁₀A₉A₈A₇A₆

Total de direcciones disponibles: 16383 (1 a 16383)

- Direcciones 11101000 a 11111110 (232 a 254): reservado para uso futuro.
- Dirección 11111111 (255): paquete vacío.

11111111

El último byte de todo paquete en formato extendido es el de detección de errores, que se calcula mediante la operación de OR exclusivo bit a bit sobre todos los bytes de dirección y datos. Se aplica lo indicado en el apartado de paquetes básicos DCC, para el caso de no concordancia entre el valor calculado por un decodificador y el recibido.

En lo que sigue, se entiende por decodificador multifunción aquel que se usa para controlar uno o más motores y/o funciones. Por su parte, un decodificador de accesorios es un dispositivo capaz de controlar un determinado número de funciones simples (desvíos, luces, ...) si es del tipo básico o capaz de controlar señales luminosas u otros accesorios complejos, si es del tipo extendido.

Paquetes con formato extendido para decodificadores multifunción

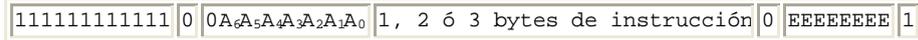
- Comando de difusión para decodificadores multifunción



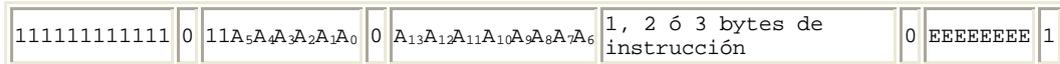
La instrucción contenida en los bytes centrales del paquete debe ser ejecutada por todos los decodificadores que lo reciban. Aquellos que no implementen la instrucción correspondiente, pueden ignorarla.

- Paquetes de instrucción para decodificadores multifunción

Tienen la siguiente estructura, que varía según la extensión del campo de dirección:



Decodificadores con direcciones de 7 bits



Decodificadores con direcciones de 14 bits

La instrucción contenida en el paquete tiene, según sea de longitud 1, 2 ó 3 bytes, la siguiente estructura:

CCCCDDDD

CCCCDDDD, 0, DDDDDDDD

CCCCDDDD, 0, DDDDDDDD, 0, DDDDDDDD

Es decir, siempre hay un campo inicial de 3 bits que codifica el tipo de instrucción y 5 bits adicionales de datos, a los que pueden añadirse 8 bits o 16 bits de datos adicionales. La tabla siguiente muestra los tipos de instrucción disponibles en el estándar:

ccc	Tipo de instrucción
A 000	Control de decodificador y de multitracción
B 001	Instrucciones de operación avanzada
C 010	Instrucción de velocidad y dirección para operación marcha hacia delante
D 011	Instrucción de velocidad y dirección para operación marcha hacia atrás
E 100	Instrucción de funciones grupo 1
F 101	Instrucción de funciones grupo 2
G 110	Expansión futura
H 111	Instrucción de acceso a variable de configuración (CV)

A continuación se detallan todos ellos:

A. Control de decodificador y de multitracción (000)

Con la excepción de la función de acuse de recibo (*acknowledgment*) del decodificador (00001111), en un paquete sólo puede incluirse una sola instrucción de control de decodificador y de multitracción.

- Control del decodificador (0000)

Tiene los dos posibles formatos siguientes: 0000CCCD y 0000CCCD, 0, dddddddd
En cualquiera de los casos, esta instrucción se usa para fijar o modificar la configuración interna de los decodificadores, de manera que algunas de sus características, en función del valor de D, se activen o desactiven.

CCC	Acción
000	Con D='0', reset "en caliente" del decodificador: borrado de su memoria volátil (incluyendo datos de dirección y velocidad) y retorno a los valores de encendido. Con D='1', reset "en frío" del decodificador: las CVs 29, 31 y 32 se devuelven a sus valores de fábrica, la CV19 se pone a '00000000' y se hace un reset "en caliente".
001	Instrucción de prueba de fábrica (<i>Factory Test</i>). No debe usarse en operación normal.
010	Reservada para uso futuro
011	Activar <i>flags</i> de decodificador o grupo de decodificadores. Su formato es <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">0000011D 0 cccc0aaa</div> En función de los valores de cccc y de D, puede deshabilitarse/habilitarse la petición de acuse de recibo, activarse y fijar la comunicación bidireccional y aceptar o no las instrucciones de acceso a CV. aaa es la subdirección del decodificador (su valor se fija en la CV31)
100	Reservada para uso futuro
101	Activar direccionamiento avanzado (bit 5 de CV29)
110	Reservada para uso futuro
111	Con D='1' petición de acuse de recibo del decodificador

- Control de multitracción (0001)

Sirve para establecer multitracciones, activarlas y desactivarlas y tiene el formato 0001CCCC,0,0AAAAAAA

El valor '1' del segundo byte se reserva para uso futuro, CCCC es la (sub)instrucción de control de multitracción y AAAAAA es la dirección de la multitracción. Si se usa el valor '0000000', la multitracción se desactiva y si se usan valores entre 1 y 127, la multitracción se activa. Al activarse una multitracción su dirección se almacena en los bits 0 a 6 de la CV19 y el bit 7 de la CV19 se pone a '1'.

Cuando una multitracción está activada, el decodificador ignorará cualquier instrucción de dirección y velocidad dirigida a su dirección base (salvo que ésta coincida con la de la multitracción). Las funciones controladas por las instrucciones '100' y '101' continuarán respondiendo en la dirección base del decodificador y responderán a la dirección de la multitracción si están activados los valores apropiados en las CV21 y CV22.

Las (sub)instrucciones de control de multitracción son

- CCCC='0010' (00010010). Fija la dirección de la multitracción con el valor del siguiente byte y activa la multitracción con dirección de marcha hacia delante (o la desactiva si la dirección es '0000000')
- CCCC='0011' (00010011). Fija la dirección de la multitracción con el valor del siguiente byte y activa la multitracción con dirección de marcha hacia atrás (o la desactiva si la dirección es '0000000')

El resto de los valores CCCC se reservan para uso futuro.

B. Instrucción de operación avanzada (001)

Esta instrucción, que no puede repetirse dentro de un mismo paquete y que permite el acceso a funciones avanzadas del decodificador, tiene la estructura

001CCCC,0,DDDDDDDD. De las 32 (sub)instrucciones posibles a las que los 5 bits pueden dar lugar, sólo están definidas las siguientes, quedando el resto reservadas para uso futuro:

- CCCCC='11111'. Control de velocidad con 128 pasos. Sirve para enviar al decodificador la orden de variación de velocidad con el formato

00111111,0,dS₆S₅S₄S₃S₂S₁S₀, donde d es la dirección ('0' hacia delante, '1' hacia atrás) y S₆S₅S₄S₃S₂S₁S₀ el valor en binario del paso de velocidad (126 valores posibles, pues 0000000 se utiliza para indicar parada y 0000001 para parada de emergencia).

- CCCCC='11110'. Instrucción de pasos de velocidad restringidos. Sirve para restringir la velocidad máxima del decodificador y tiene el formato 00111110,0,dUS₅S₄S₃S₂S₁S₀, donde d='0' indica habilitar operación restringida de velocidad, d='1' deshabilitarla y S₅S₄S₃S₂S₁S₀ son los pasos de velocidad tal como se definen en el caso de los paquetes básicos (para el modo de 128 pasos, se escala a 28 pasos).

C. Instrucción de dirección y velocidad marcha adelante (010)

Tiene el formato 010DDDDD y se utiliza para enviar información de control a los motores conectados a los decodificadores multifunción en modo marcha hacia adelante. Los bits 0 a 3 codifican el paso de velocidad, según lo definido en los paquetes básicos. Si el bit 1 de la CV29 tiene el valor '1', el bit 4 de la instrucción sirve para codificar un paso de velocidad intermedio (tal como se define en los paquetes básicos). Si el bit 1 de la CV29 tiene el valor '0', el bit 4 de la instrucción sirve para controlar la función F0 (luces). En este modo, 00000 significa parada, 00001, parada de emergencia, 00010 es el primer paso de velocidad y 01111 el de velocidad máxima.

D. Instrucción de dirección y velocidad marcha atrás (011)

Esta instrucción, con formato 010DDDDD, es idéntica a la anterior, pero para el caso de marcha hacia atrás.

E. Instrucción de grupo de funciones 1 (100)

Tiene el formato 100DDDDD y permite controlar hasta 5 funciones (F0 y F1-F4). Los bits 0 a 3 controlan respectivamente las funciones F1 a F4, de manera que un valor '1' significa función activada y un valor '0' función desactivada. Si el bit 1 de la CV29 está a '1', entonces el bit 4 de la instrucción controla la función F0 (luces). Si el bit indicado de la CV29 está a '0', entonces el bit 4 de la instrucción no tiene significado y las luces se controlan con las instrucciones de velocidad y dirección (010 y 011).

F. Instrucción de grupo de funciones 2 (101)

Tiene el formato 101SDDDD y permite controlar hasta 8 funciones adicionales (F5-F12). El bit 4 (S) define el uso de los bits 0 a 3 (DDD). Si S='1', los bits 0 a 3 definen, respectivamente, el estado activado (valor '1') o desactivado (valor '0') de las funciones F5 a F8. Si S='0', los bits 0 a 3 definen, respectivamente, el estado activado o desactivado de las funciones F9 a F12. Los bits 0 a 3 controlan respectivamente las funciones F1 a F4, de manera que un valor '1' significa función activada y un valor '0' función desactivada. Si el bit 1 de la CV29 está a '1', entonces el bit 4 de la instrucción controla la función F0 (luces). Si el bit indicado de la CV29 está a '0', entonces el bit 4 de la instrucción no tiene significado y las luces se controlan con las instrucciones de velocidad y dirección (010 y 011).

G. Instrucción para expansión futura (110)

Tiene el formato 110DDDDD,0,DDDDDDDD y su uso se reserva para el futuro.

H. Instrucción de acceso a CV (111)

Sirve para fijar o modificar CVs del decodificador ya sea desde la vía de programación o desde la vía normal. Hay dos formas de instrucción (corta y larga), según se desee acceder a CVs seleccionadas de acceso frecuente o verificar/modificar cualquier CV. En cualquiera de los casos, sólo puede haber una instrucción de acceso a CV por paquete.

▪ Instrucción de acceso a CV corta

Tiene la estructura 1111CCCC,0,DDDDDDDD, donde DDDDDDDD es el valor que se coloca en la CV identificada por CCCC. Por ahora sólo están definidos los valores siguientes, quedando el resto reservados para uso futuro:

CCCC	
0000	Uso no permitido
0010	Valor de aceleración (CV23)
0011	Valor de deceleración (CV24)

▪ Instrucción de acceso a CV larga

Sirve para la manipulación directa de cualquier CV y tiene la estructura 1110CCA₉A₈,0,A₇A₆A₅A₄A₃A₂A₁A₀,0,DDDDDDDD.

La CV destino de la instrucción es el valor indicado por A₉A₈A₇A₆A₅A₄A₃A₂A₁A₀ más 1 (es decir, la CV3 se codifica 000000010).

La operación para realizar se codifica con los valores de CC, tal como se indica en la tabla:

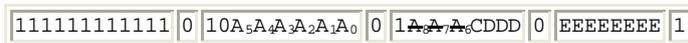
CC	Operación
00	Reservado para uso futuro
01	Verificar byte Se compara la CV destino con el valor DDDDDDDD
10	Escribir byte Se escribe en la CV destino el valor DDDDDDDD. Para que la escritura tenga efecto, el decodificador debe recibir dos paquetes de escritura idénticos
11	Manipulación de bit Tiene el formato 111011A ₉ A ₈ ,0,A ₇ A ₆ A ₅ A ₄ A ₃ A ₂ A ₁ A ₀ ,0,111DCAAA, donde AAA indica la posición del bit dentro de la CV y c el tipo de operación ('0' verificar y '1' escribir)

Paquetes con formato extendido para decodificadores de accesorios

Como ya se ha indicado, de acuerdo con la NMRA, un decodificador de accesorios es un dispositivo capaz de controlar un determinado número de funciones simples (desvíos, luces, ...). Para posibilitar el

manejo de un gran número de dispositivos, se permite que un decodificador de accesorios pueda responder a una o varias direcciones. Cada dirección de decodificador controla 4 pares de salidas (equivalentes a 8 salidas individuales), cada una de las cuales puede activarse permanentemente o durante un periodo de tiempo configurable (CV515 a CV518). La desactivación puede realizarse en cualquier momento.

- Formato de paquete para decodificadores de accesorios básicos (activación y desactivación de accesorios)



Los 6 bits menos significativos de la dirección del decodificador destinatario del paquete (A₅A₄A₃A₂A₁A₀) se codifican en el segundo byte; los tres más significativos, en complemento a uno (~~A₈A₇A₆~~), en el tercero. El bit c del tercer byte indica si la salida debe activarse ("1") o desactivarse ("0"). El tiempo de activación de cada par de salidas se configura en las CV515 a CV518 (0 indica activación permanente). Los bits DDD del tercer byte identifican la salida: los primeros dos DD identifican el par (1-4) y el tercero la salida dentro del par.

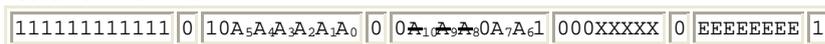
Ejemplo: paquete de activación de la salida 1 del tercer par del decodificador de dirección 157.

111111111111 0 10011101 0 11011100 0 01000001 1

(pues CDDD=1100 y 157 es 010011101, de donde A₅A₄A₃A₂A₁A₀=011101 y A₈A₇A₆=101)

- Formato de paquete para decodificadores de accesorios extendidos

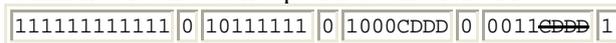
Tiene la estructura



y permite la transmisión de posiciones a señales luminosas o de datos a decodificadores de funciones complejos. Cada señal luminosa puede mostrar una posición cada vez. xxxxx indica la posición que debe mostrarse, siendo '00000' la de parada absoluta y el resto dependiente del sistema de señalización empleado. La dirección del decodificador se codifica en 11 bits, con los bits 8 a 10 en complemento a uno.

- Difusión (para todos los decodificadores de accesorios básicos)

Tiene la estructura y significado del paquete de activación/desactivación de accesorios, pero utilizando la dirección especial de difusión 511.



En este caso, los 4 bits menos significativos del byte de control de errores es el complemento a uno de los bits CDDD del tercer byte.

- Difusión (para todos los decodificadores de accesorios extendidos)

Tiene la estructura



es decir, utiliza la dirección 2047, con el mismo significado del paquete general para decodificadores extendidos.

- Instrucción de acceso a CV de decodificador de accesorios

Los valores de las CVs de los decodificadores de accesorios pueden manejarse como en el caso de los decodificadores multifunción, mediante el uso de la forma larga de la instrucción de acceso a CV definida más arriba. En el caso de los decodificadores de accesorios, la dirección se expande en dos bytes, según el procedimiento siguiente:

- decodificadores básicos: 10A₅A₄A₃A₂A₁A₀, 0, 1A₈A₇A₆1DDD (DDD indica la salida a cuya CV se accede para modificación)

Con ello, el formato de paquete queda

111111111111	0	10A ₅ A ₄ A ₃ A ₂ A ₁ A ₀	0	1A₆A₇A₆ 1DDD	0	1110CCAA	0	AAAAAAAA	0	DDDDDDDD	0	EEEEEEEE	1
--------------	---	---	---	--	---	----------	---	----------	---	----------	---	----------	---

- o decodificadores extendidos: 10A₅A₄A₃A₂A₁A₀, 0, 0A₁₀A₉A₈0A₇A₆1

Con ello, el formato de paquete queda

111111111111	0	10A ₅ A ₄ A ₃ A ₂ A ₁ A ₀	0	0A ₁₀ A ₉ A ₈ 0A ₇ A ₆ 1	0	1110CCAA	0	AAAAAAAA	0	DDDDDDDD	0	EEEEEEEE	1
--------------	---	---	---	---	---	----------	---	----------	---	----------	---	----------	---

