Thực thi thuật toán bộ giải mã SO—ML cho hệ thống MIMO SM-OSTBC (), sử dụng điều chế 16-QAM, như sau:

**Input:** Ma trận kênh (trong đó là các số phức); ma trận tín hiệu thu

**Output:** Chuỗi 12 bit thông tin bao gồm: 8 bit thông tin tương ứng với 2 ký hiệu trong ma trận Alamouti và 4 bit thong tin tương ứng với 16 từ mã SC.

**Triển khai thuật toán trên FPGA:**

Bước 1: Sử dụng look-up table để:

* Lưu trữ tập các số nguyên dùng để tạo ra các ký hiệu điều chế 16-QAM .
* Lưu trữ các ma trận tán xạ để tạo mã Alamouti STBC kích thước :
* Lưu trữ 16 từ mã SC, mỗi từ mã là một ma trận kích thước với các thành phần là các số phức, được định nghĩa như sau:
* Lưu trữ các chuỗi bit dùng để ánh xạ từ bit sang các ký hiệu 16-QAM ( và từ mã SC (:

Bước 2: Triển khai thuật toán

* Gán

for

* Tính , , ;
* Tính , , , ;
* Tính
* Gán:

for

- Tính ,

- Tính ,

if

end

if

end

if

end

if

end

end

* Tính

if

end

end

- Xác định tín hiệu phát:

- Xác định các chuỗi bit thông tin tương ứng:

THIẾT KẾ SƠ ĐỒ KHỐI CỦA BỘ GIẢI MÃ SO-ML

:qls

**LOOK UP TABLE 3**

**LOOK UP TABLE 1**

**LOOK UP TABLE 2**

i

So sánh chọn ra và tương ứng

Xác định và

Output

và

So sánh với để xác định nhỏ nhất và tương ứng.

So sánh với để xác định nhỏ nhất và tương ứng.

**KHỐI 1**

**KHỐI 2**

**KHỐI 6**

**KHỐI 4**

**KHỐI 5**

**KHỐI 3**

Mô tả chức năng: chuyeern vi va lay lien hop phuc

1. KHỐI 1

Nhận đầu vào là ma trận kênh và các ma trận **.** Tính toán và đưa ra kết quả là và.

A screenshot of a math problem

Description automatically generated

VÍ dụ:

A math problem with numbers and symbols

Description automatically generated

A math equations on a white background

Description automatically generated

A black numbers on a white background

Description automatically generated

**1. TEST CASE**

**H =**

-0.1365 + 0.7543i 1.5116 - 0.0461i 0.3007 + 0.2327i 1.0309 - 1.1578i

-0.2736 - 0.7099i 0.7132 + 0.2463i 0.5120 - 0.2975i 1.0679 + 0.2900i

-0.3907 - 0.8371i 0.0189 - 1.3633i 0.7558 + 0.5909i -0.7756 + 0.2938i

0.8572 + 0.0470i -0.3225 - 0.0850i 0.6719 - 0.2820i -0.9127 + 0.0101i

**A close-up of numbers

Description automatically generated**

**>> fi(real(H(:,:,nn)),1,16,8)**

**Hreal =**

**-0.1367 1.5117 0.3008 1.0313**

**-0.2734 0.7148 0.5117 1.0664**

**-0.3906 0.0195 0.7539 -0.7773**

**0.8555 -0.3242 0.6719 -0.9141**

**Hex(Hreal) =**

**ffdd 0183 004d 0108**

**ffba 00b7 0083 0111**

**ff9c 0005 00c1 ff39**

**00db ffad 00ac ff16**

**>> fi(imag(H(:,:,nn)),1,16,8)**

**Him =**

**0.7539 -0.0469 0.2344 -1.1563**

**-0.7109 0.2461 -0.2969 0.2891**

**-0.8359 -1.3633 0.5898 0.2930**

**0.0469 -0.0859 -0.2813 0.0117**

**Hex(Him)**

**00c1 fff4 003c fed8**

**ff4a 003f ffb4 004a**

**ff2a fea3 0097 004b**

**000c ffea ffb8 0003**

**Ma trận real(S) :**

**Số fixedpoint**

**A group of small dots

Description automatically generated with medium confidence**

**Số Hex   
0080 0080 0080 0080 0080 0080 0080 0080 0080 0080 0080 0080 0080 0080 0080 0080 0080 0080 0080 0080 0080 0080 0080 0080 0080 0080 0080 0080 0080 0080 0080 0080**

**ff80 0080 ff80 0080 ff80 0080 ff80 0080 ff80 0080 ff80 0080 ff80 0080 ff80 0080 ff80 0080 ff80 0080 ff80 0080 ff80 0080 ff80 0080 ff80 0080 ff80 0080 ff80 0080**

**0080 0080 0080 0000 0080 ff80 0080 0000 ff80 0080 ff80 0000 ff80 ff80 ff80 0000 0000 0080 0000 0000 0000 ff80 0000 0000 0000 0080 0000 0000 0000 ff80 0000 0000**

**ff80 0080 0000 0080 0080 0080 0000 0080 ff80 ff80 0000 ff80 0080 ff80 0000 ff80 ff80 0000 0000 0000 0080 0000 0000 0000 ff80 0000 0000 0000 0080 0000 0000 0000**

**Ma trận im S**

**Số fixed point :**

**A group of small dots

Description automatically generated with medium confidence**

**Số hex S\_im:**

**0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000**

**0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000**

**0000 0000 0000 0080 0000 0000 0000 ff80 0000 0000 0000 0080 0000 0000 0000 ff80 0080 0000 0080 0080 0080 0000 0080 ff80 ff80 0000 ff80 0080 ff80 0000 ff80 ff80**

**0000 0000 0080 0000 0000 0000 ff80 0000 0000 0000 0080 0000 0000 0000 ff80 0000 0000 0080 0080 0080 0000 0080 ff80 0080 0000 ff80 0080 ff80 0000 ff80 ff80 ff80**

**Y =**

**-1.3256 - 1.1671i 0.6867 + 3.1935i**

**0.5562 + 0.1468i 0.8196 + 0.3086i**

**-1.3336 + 4.4254i 0.6308 - 0.3941i**

**0.2515 + 0.6614i 0.9831 + 0.3040i**

**A group of numbers with black text

Description automatically generated**

**nn = 1001**

**H(:,:,nn)\*S(:,1:2))**

ans =

-1.1892 + 1.0954i 1.3533 - 0.1084i

-0.7713 - 0.7719i 1.0097 - 0.2356i

0.5609 + 0.4117i -0.1959 - 0.6579i

1.3821 - 0.0800i 0.1469 - 0.1550i

A close up of numbers

Description automatically generated

// ma tran H

A number and numbers on a white background

Description automatically generated

-0.1367 + 0.7539i 1.5117 - 0.0469i 0.3008 + 0.2344i 1.0313 - 1.1563i

-0.2734 - 0.7109i 0.7148 + 0.2461i 0.5117 - 0.2969i 1.0664 + 0.2891i

-0.3906 - 0.8359i 0.0195 - 1.3633i 0.7539 + 0.5898i -0.7773 + 0.2930i

0.8555 + 0.0469i -0.3242 - 0.0859i 0.6719 - 0.2813i -0.9141 + 0.0117i

**fixedp\_S = fi(S(:,1:T\*SM),1,16,8)**

**fixedp\_S =**

Columns 1 through 7

0.5000 + 0.0000i 0.5000 + 0.0000i 0.5000 + 0.0000i 0.5000 + 0.0000i 0.5000 + 0.0000i 0.5000 + 0.0000i 0.5000 + 0.0000i

-0.5000 + 0.0000i 0.5000 + 0.0000i -0.5000 + 0.0000i 0.5000 + 0.0000i -0.5000 + 0.0000i 0.5000 + 0.0000i -0.5000 + 0.0000i

0.5000 + 0.0000i 0.5000 + 0.0000i 0.5000 + 0.0000i 0.0000 + 0.5000i 0.5000 + 0.0000i -0.5000 + 0.0000i 0.5000 + 0.0000i

-0.5000 + 0.0000i 0.5000 + 0.0000i 0.0000 + 0.5000i 0.5000 + 0.0000i 0.5000 + 0.0000i 0.5000 + 0.0000i 0.0000 - 0.5000i

Columns 8 through 14

0.5000 + 0.0000i 0.5000 + 0.0000i 0.5000 + 0.0000i 0.5000 + 0.0000i 0.5000 + 0.0000i 0.5000 + 0.0000i 0.5000 + 0.0000i

0.5000 + 0.0000i -0.5000 + 0.0000i 0.5000 + 0.0000i -0.5000 + 0.0000i 0.5000 + 0.0000i -0.5000 + 0.0000i 0.5000 + 0.0000i

0.0000 - 0.5000i -0.5000 + 0.0000i 0.5000 + 0.0000i -0.5000 + 0.0000i 0.0000 + 0.5000i -0.5000 + 0.0000i -0.5000 + 0.0000i

0.5000 + 0.0000i -0.5000 + 0.0000i -0.5000 + 0.0000i 0.0000 + 0.5000i -0.5000 + 0.0000i 0.5000 + 0.0000i -0.5000 + 0.0000i

Columns 15 through 21

0.5000 + 0.0000i 0.5000 + 0.0000i 0.5000 + 0.0000i 0.5000 + 0.0000i 0.5000 + 0.0000i 0.5000 + 0.0000i 0.5000 + 0.0000i

-0.5000 + 0.0000i 0.5000 + 0.0000i -0.5000 + 0.0000i 0.5000 + 0.0000i -0.5000 + 0.0000i 0.5000 + 0.0000i -0.5000 + 0.0000i

-0.5000 + 0.0000i 0.0000 - 0.5000i 0.0000 + 0.5000i 0.5000 + 0.0000i 0.0000 + 0.5000i 0.0000 + 0.5000i 0.0000 + 0.5000i

0.0000 - 0.5000i -0.5000 + 0.0000i -0.5000 + 0.0000i 0.0000 + 0.5000i 0.0000 + 0.5000i 0.0000 + 0.5000i 0.5000 + 0.0000i

Columns 22 through 28

0.5000 + 0.0000i 0.5000 + 0.0000i 0.5000 + 0.0000i 0.5000 + 0.0000i 0.5000 + 0.0000i 0.5000 + 0.0000i 0.5000 + 0.0000i

0.5000 + 0.0000i -0.5000 + 0.0000i 0.5000 + 0.0000i -0.5000 + 0.0000i 0.5000 + 0.0000i -0.5000 + 0.0000i 0.5000 + 0.0000i

-0.5000 + 0.0000i 0.0000 + 0.5000i 0.0000 - 0.5000i 0.0000 - 0.5000i 0.5000 + 0.0000i 0.0000 - 0.5000i 0.0000 + 0.5000i

0.0000 + 0.5000i 0.0000 - 0.5000i 0.0000 + 0.5000i -0.5000 + 0.0000i 0.0000 - 0.5000i 0.0000 + 0.5000i 0.0000 - 0.5000i

Columns 29 through 32

0.5000 + 0.0000i 0.5000 + 0.0000i 0.5000 + 0.0000i 0.5000 + 0.0000i

-0.5000 + 0.0000i 0.5000 + 0.0000i -0.5000 + 0.0000i 0.5000 + 0.0000i

0.0000 - 0.5000i -0.5000 + 0.0000i 0.0000 - 0.5000i 0.0000 - 0.5000i

0.5000 + 0.0000i 0.0000 - 0.5000i 0.0000 - 0.5000i 0.0000 - 0.5000i

A group of small squares

Description automatically generated with medium confidence

**>> fixedp\_Hq = fixedp\_H \* fixedp\_S**

**fixedp\_Hq =**

Columns 1 through 7

-1.1895 + 1.0957i 1.3535 - 0.1074i -0.0957 + 1.0332i 1.0859 - 0.0742i -0.1582 - 0.0605i 1.0527 - 0.3418i -1.2520 + 0.0020i

-0.7715 - 0.7715i 1.0098 - 0.2363i -0.3828 - 0.0938i 0.9023 + 0.1680i 0.2949 - 0.4824i 0.4980 + 0.0605i -0.0938 - 1.1602i

0.5605 + 0.4121i -0.1973 - 0.6582i 0.0254 + 0.1699i -0.8691 - 0.5762i -0.2168 + 0.7051i -0.9512 - 1.2480i 0.3184 + 0.9473i

1.3828 - 0.0801i 0.1445 - 0.1543i 0.9199 - 0.5313i -0.0508 + 0.3223i 0.4688 - 0.0684i -0.5273 + 0.1270i 0.9316 + 0.3828i

Columns 8 through 14

1.3203 - 0.3750i -1.4902 + 0.8613i 0.3223 + 1.0488i -0.3965 + 0.7988i 0.0547 + 1.0820i -0.4590 - 0.2949i 0.0215 + 0.8145i

0.6055 - 0.3438i -1.2832 - 0.4746i -0.0566 - 0.5254i -0.8945 + 0.2031i -0.1641 - 0.1211i -0.2168 - 0.1855i -0.5684 - 0.2285i

-0.2793 - 1.3301i -0.1934 - 0.1777i 0.5801 - 0.9512i -0.7285 - 0.4199i -0.0918 - 0.8691i -0.9707 + 0.1152i -0.1738 - 1.5410i

-0.3320 - 0.3496i 0.7109 + 0.2012i 1.0586 - 0.1660i 0.2480 - 0.2500i 0.8633 + 0.3105i -0.2031 + 0.2129i 0.3867 + 0.1152i

Columns 15 through 21

-1.5527 - 0.2324i 0.2891 + 0.7813i -1.4570 + 1.1289i 1.4160 + 0.9863i -0.3633 + 1.0664i 1.1484 + 1.0195i -0.4258 - 0.0273i

-0.6055 - 0.8633i -0.4609 - 0.6328i -0.8789 - 0.3672i 0.3320 + 0.1523i -0.4902 + 0.3105i 0.2246 + 0.5566i 0.1875 - 0.0781i

-0.4355 + 0.3574i 0.4980 - 1.6230i -0.1113 + 0.4941i 0.0449 - 1.1934i -0.6465 + 0.2520i -0.6270 - 1.1113i -0.8887 + 0.7871i

0.2598 + 0.6641i 0.5820 - 0.3613i 1.1875 + 0.3965i 0.5957 - 0.6172i 0.7246 - 0.0547i 0.4004 - 0.1406i 0.2734 + 0.4082i

Columns 22 through 28

1.1152 + 0.7520i -1.5195 + 0.0352i 1.3828 + 0.7188i -1.2227 + 0.8281i 0.2598 - 0.0449i -0.1289 + 0.7656i -0.0078 - 0.0117i

-0.1797 + 0.4492i -0.2012 - 0.7559i -0.0723 + 0.0449i -1.1758 - 0.8789i 0.6211 - 0.9141i -0.7871 - 0.2012i 0.5137 - 0.5098i

-0.7090 - 1.7832i -0.3535 + 1.0293i -0.0371 - 1.8652i 0.4785 - 0.2598i 0.3379 - 0.4160i -0.0566 - 0.5020i -0.3340 - 0.3340i

-0.0762 - 0.3359i 0.7363 + 0.8594i 0.1191 - 0.8125i 0.9063 - 0.2754i 0.6074 + 0.2969i 0.4434 - 0.7266i 0.4121 + 0.7734i

Columns 29 through 32

-0.1914 - 0.3281i -0.0410 - 0.2793i -1.2852 - 0.2656i 0.2266 - 0.3125i

-0.1094 - 0.5898i 0.1094 - 0.6172i -0.4980 - 1.2676i 0.2168 - 1.0215i

-0.2988 + 0.0332i -0.4160 - 1.0059i 0.2363 + 0.2754i 0.2559 - 1.0879i

-0.0078 - 0.2637i -0.0645 + 0.5781i 0.4551 + 0.1875i 0.1309 + 0.1016i

A group of small squares

Description automatically generated with medium confidence

**Hq =**

Columns 1 through 7

-1.1892 + 1.0954i 1.3533 - 0.1084i -0.0948 + 1.0320i 1.0866 - 0.0744i -0.1583 - 0.0624i 1.0526 - 0.3412i -1.2526 + 0.0011i

-0.7713 - 0.7719i 1.0097 - 0.2356i -0.3824 - 0.0929i 0.9025 + 0.1692i 0.2965 - 0.4819i 0.4977 + 0.0620i -0.0924 - 1.1608i

0.5609 + 0.4117i -0.1959 - 0.6579i 0.0262 + 0.1707i -0.8692 - 0.5754i -0.2147 + 0.7054i -0.9516 - 1.2488i 0.3200 + 0.9464i

1.3821 - 0.0800i 0.1469 - 0.1550i 0.9208 - 0.5314i -0.0480 + 0.3220i 0.4694 - 0.0700i -0.5250 + 0.1270i 0.9308 + 0.3813i

Columns 8 through 14

1.3193 - 0.3751i -1.4899 + 0.8627i 0.3225 + 1.0494i -0.3955 + 0.7993i 0.0558 + 1.0833i -0.4590 - 0.2951i 0.0218 + 0.8166i

0.6049 - 0.3428i -1.2833 - 0.4743i -0.0582 - 0.5256i -0.8944 + 0.2046i -0.1654 - 0.1209i -0.2154 - 0.1843i -0.5701 - 0.2281i

-0.2783 - 1.3312i -0.1948 - 0.1792i 0.5798 - 0.9516i -0.7295 - 0.4202i -0.0936 - 0.8692i -0.9705 + 0.1145i -0.1760 - 1.5425i

-0.3300 - 0.3499i 0.7102 + 0.2020i 1.0596 - 0.1650i 0.2489 - 0.2494i 0.8647 + 0.3119i -0.2024 + 0.2120i 0.3877 + 0.1170i

Columns 15 through 21

-1.5533 - 0.2316i 0.2885 + 0.7827i -1.4559 + 1.1294i 1.4168 + 0.9859i -0.3615 + 1.0660i 1.1501 + 1.0199i -0.4250 - 0.0284i

-0.6044 - 0.8633i -0.4629 - 0.6328i -0.8786 - 0.3671i 0.3307 + 0.1533i -0.4896 + 0.3118i 0.2235 + 0.5581i 0.1893 - 0.0771i

-0.4358 + 0.3555i 0.4973 - 1.6249i -0.1124 + 0.4941i 0.0451 - 1.1926i -0.6471 + 0.2532i -0.6283 - 1.1101i -0.8881 + 0.7879i

0.2589 + 0.6633i 0.5827 - 0.3600i 1.1872 + 0.3969i 0.5982 - 0.6164i 0.7258 - 0.0544i 0.4033 - 0.1394i 0.2745 + 0.4070i

Columns 22 through 28

1.1161 + 0.7532i -1.5193 + 0.0351i 1.3828 + 0.7192i -1.2232 + 0.8287i 0.2590 - 0.0450i -0.1288 + 0.7653i -0.0077 - 0.0110i

-0.1812 + 0.4509i -0.1996 - 0.7561i -0.0740 + 0.0461i -1.1761 - 0.8791i 0.6208 - 0.9145i -0.7872 - 0.2001i 0.5136 - 0.5098i

-0.7107 - 1.7835i -0.3534 + 1.0288i -0.0374 - 1.8659i 0.4785 - 0.2616i 0.3388 - 0.4169i -0.0562 - 0.5026i -0.3345 - 0.3345i

-0.0737 - 0.3344i 0.7359 + 0.8583i 0.1213 - 0.8113i 0.9052 - 0.2750i 0.6083 + 0.2963i 0.4438 - 0.7263i 0.4133 + 0.7733i

Columns 29 through 32

-0.1923 - 0.3291i -0.0417 - 0.2777i -1.2866 - 0.2656i 0.2250 - 0.3117i

-0.1082 - 0.5891i 0.1088 - 0.6170i -0.4972 - 1.2680i 0.2160 - 1.0217i

-0.2972 + 0.0321i -0.4169 - 1.0078i 0.2375 + 0.2731i 0.2564 - 1.0902i

-0.0075 - 0.2649i -0.0636 + 0.5783i 0.4539 + 0.1864i 0.1313 + 0.1014i

A group of people in rows

Description automatically generated

// storage A1,B1,A2,B2

//------------A1----------------

assign tableA1\_r[0] = 32'h01000000;

assign tableA1\_r[1] = 32'h00000100;

assign tableA1\_i[0] = 32'h00000000;

assign tableA1\_i[1] = 32'h00000000;

//------------A2----------------

assign tableA2\_r[0] = 32'h00000100;

assign tableA2\_r[1] = 32'hff000000;

assign tableA2\_i[0] = 32'h00000000;

assign tableA2\_i[1] = 32'h00000000;

//------------B1----------------

assign tableB1\_r[0] = 32'h01000000;

assign tableB1\_r[1] = 32'h0000ff00;

assign tableB1\_i[0] = 32'h00000000;

assign tableB1\_i[1] = 32'h00000000;

//------------B2----------------

assign tableB2\_r[0] = 32'h00000100;

assign tableB2\_r[1] = 32'h01000000;

assign tableB2\_i[0] = 32'h00000000;

assign tableB2\_i[1] = 32'h00000000;

assign table\_rowY\_r[0] = 64'hfead008efeab0040;

assign table\_rowY\_r[1] = 64'h00b000d200a100fc;

assign table\_rowY\_i[0] = 64'h012bffdafb93ff57;

assign table\_rowY\_i[1] = 64'hfcceffb10065ffb2;