

2012年度
計算機システム演習 第10回

計算機システムTA 福田圭祐(松岡研究室)

連絡事項

- ▶ 組み立て演習について(再)
 - ▶ 7/20 (金)に組み立て演習を行います
 - ▶ 機材の準備都合上、なるべく参加人数を正確に把握したいので、ご協力ください
- ▶ 次回～学期末まで、Wiki上で演習になっている回のうち、数回は講義に振り替わる予定です。
- ▶ 課題の最終提出日は、期末試験前後になる予定です(詳細は未定)

MIPSシミュレータ構築の流れ

1. ALUの作成
2. レジスタファイル
3. メモリ領域
 - ▶ 命令用メモリ
 - ▶ データ用メモリ
4. PCの作成
5. メインコントロールユニット
6. ALUコントロールユニット
7. 機能拡張
 - ▶ メモリアクセス命令
 - ▶ 分岐命令

課題1

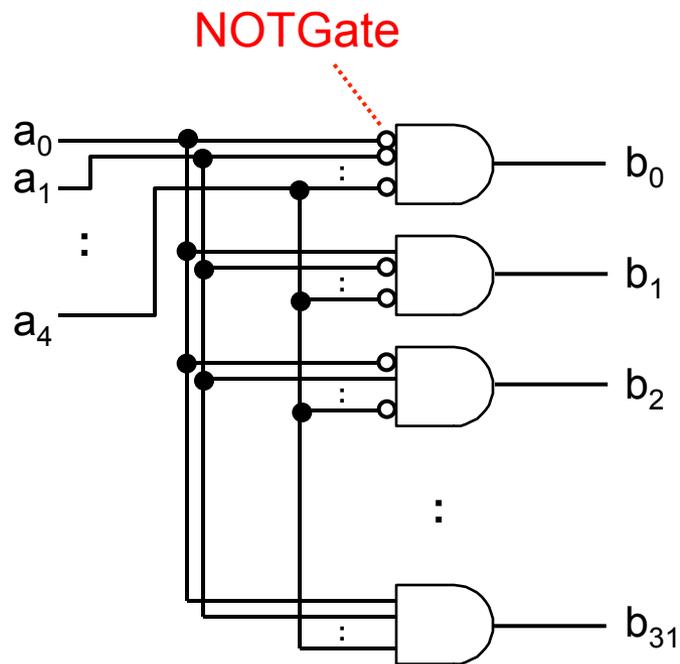
- ▶ レジスタファイルを完成させよ
 - ▶ Register、Decoder5、MUX32_bus、RegisterFile
 - ▶ RegisterFileDriver クラスを作り、テストを行うこと
 - ▶ 同じレジスタへの書き込みと読み出しを行うテストすること
 - run()を2回実行する必要がある

課題2

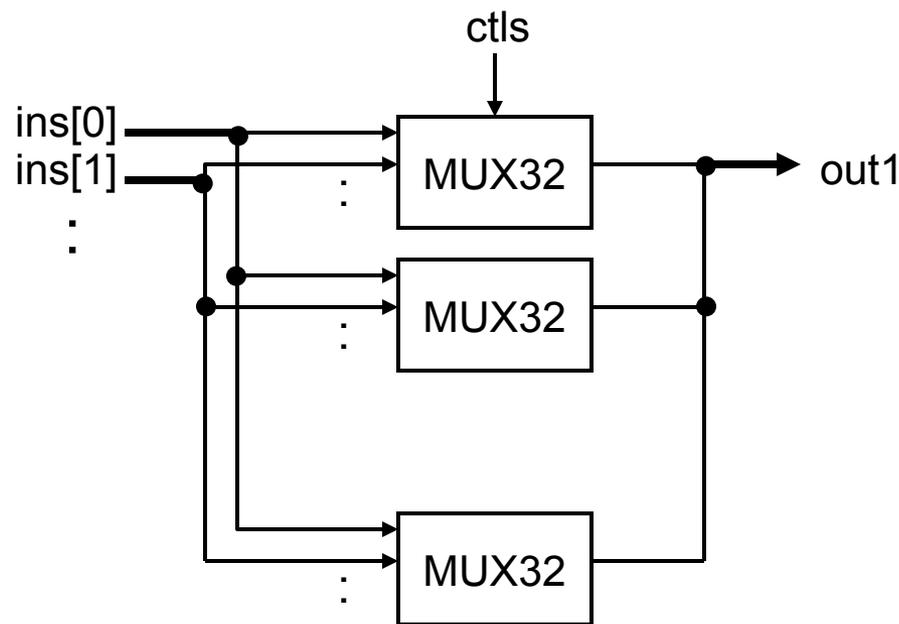
- ▶ **メモリを完成させよ**
 - ▶ InstMemory、DataMemory
 - ▶ InstMemoryDriver、DataMemoryDriver を作り、テストを行うこと
 - ▶ データを書き込んだ後に正しく読み出せることを確認すること

課題3 (オプション)

- ▶ Decoder5 クラスおよび MUX32_bus クラスを回路を使って実現せよ



Decoder5

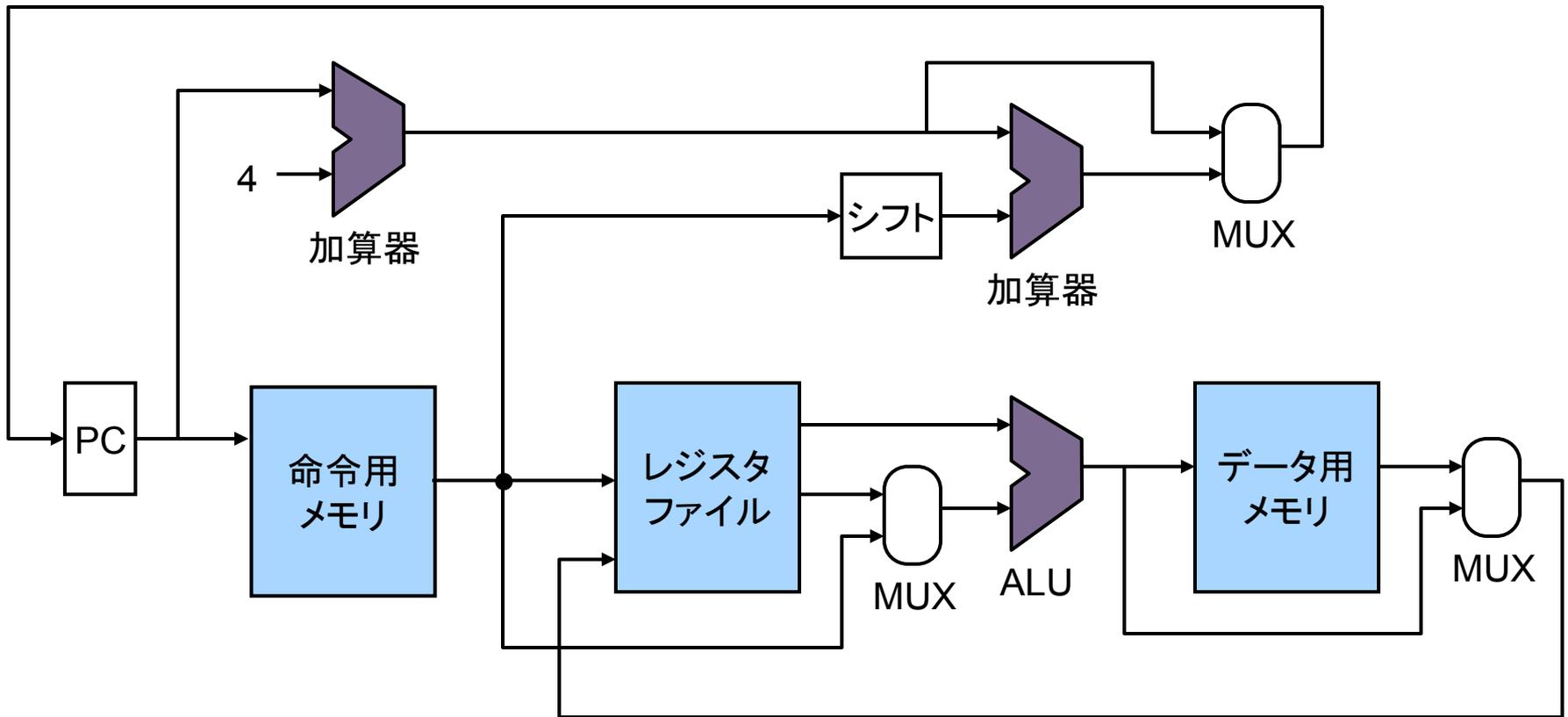


MUX32_bus

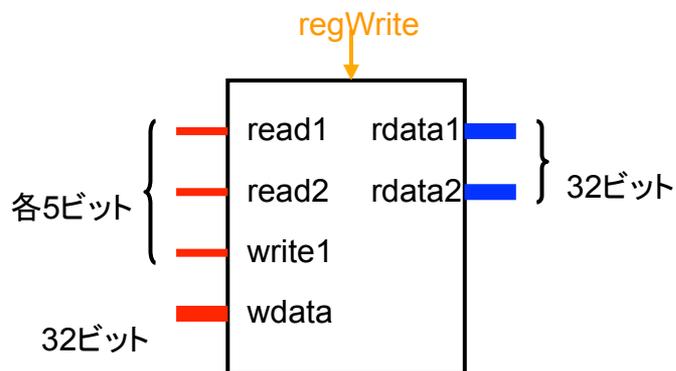
課題4 (オプション)

- ▶ レジスタをフリップフロップを使って作成し直してみよ
 - ▶ D-フリップフロップを配列として作成
 - ▶ 1ビットの情報を保持する
 - ▶ D-フリップフロップはD-ラッチの組み合わせ回路
 - ▶ 制御入力としてクロックを入れる

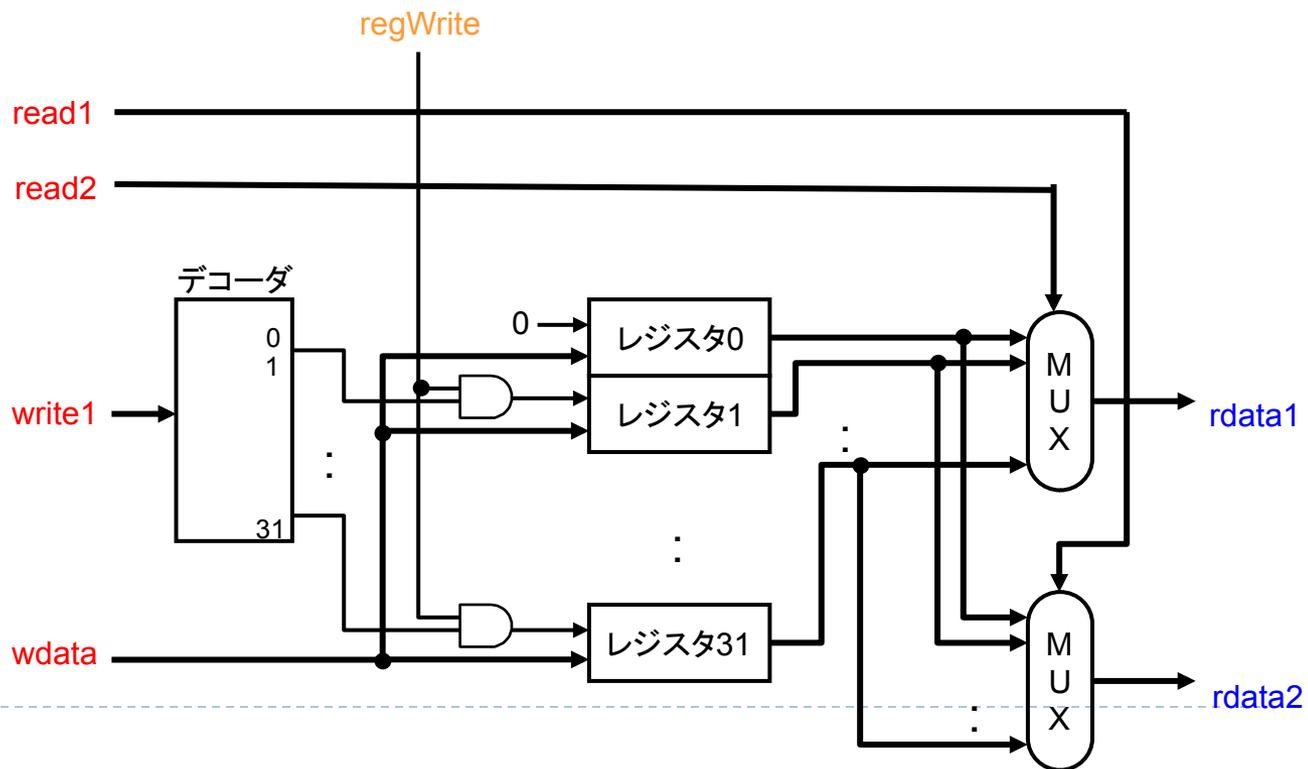
MIPSシミュレータの全体像



レジスタファイルの概要

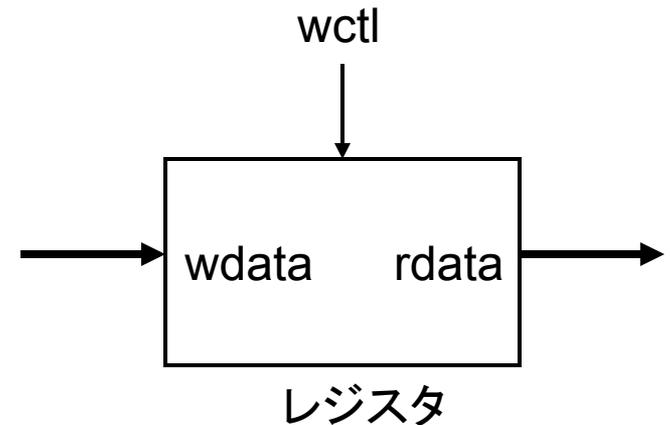


内部の詳細



レジスタ

- ▶ 状態回路で構成される
 - ▶ 内部状態を持ち、入力と状態により出力が決まる回路
 - ▶ 組み合わせ回路では入力のみから出力が決まった
- ▶ 入力
 - ▶ wctl: 書き込み制御フラグ (1bit)
 - ▶ wdata: 書き込むデータ (32bit)
- ▶ 出力
 - ▶ rdata: 読み出したデータ (32bit)



Register クラス

```
// 回路を用いずに作成してよい
public class Register {
    int val; // レジスタの値
    //必要であれば他のフィールドも宣言
    public Register(Path wctl, // 制御入力
                    Bus wdata, // 入力
                    Bus rdata) { // 出力
        :
    }
    public void run() {
        // 1. レジスタの値をrdataに出力
        // 2. wctlの信号が1ならwdataの値を書き込む
        // (if文を使ってよい)
        // 書き込む前の値を読み出せるように、読み出し、書き込みの
        // 順番で行う必要がある(同時に読み書きする場合への対策)
    }
}
```

レジスタファイル

▶ レジスタの集合

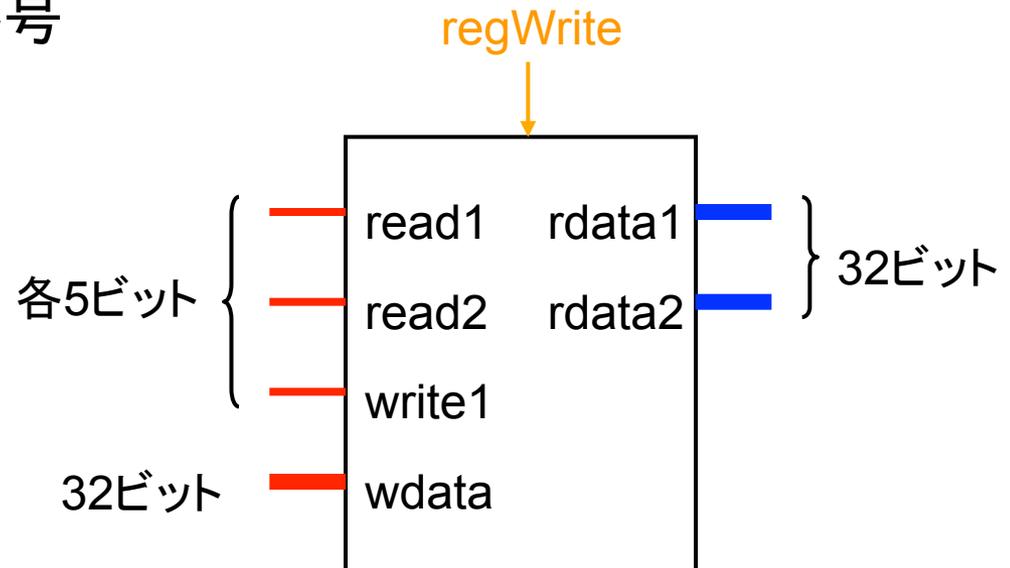
- ▶ 機能: 同時に2つのレジスタを読み、1つのレジスタに書き込める
 - ▶ 例: `add $t0, $t1, $t2`

▶ 入力

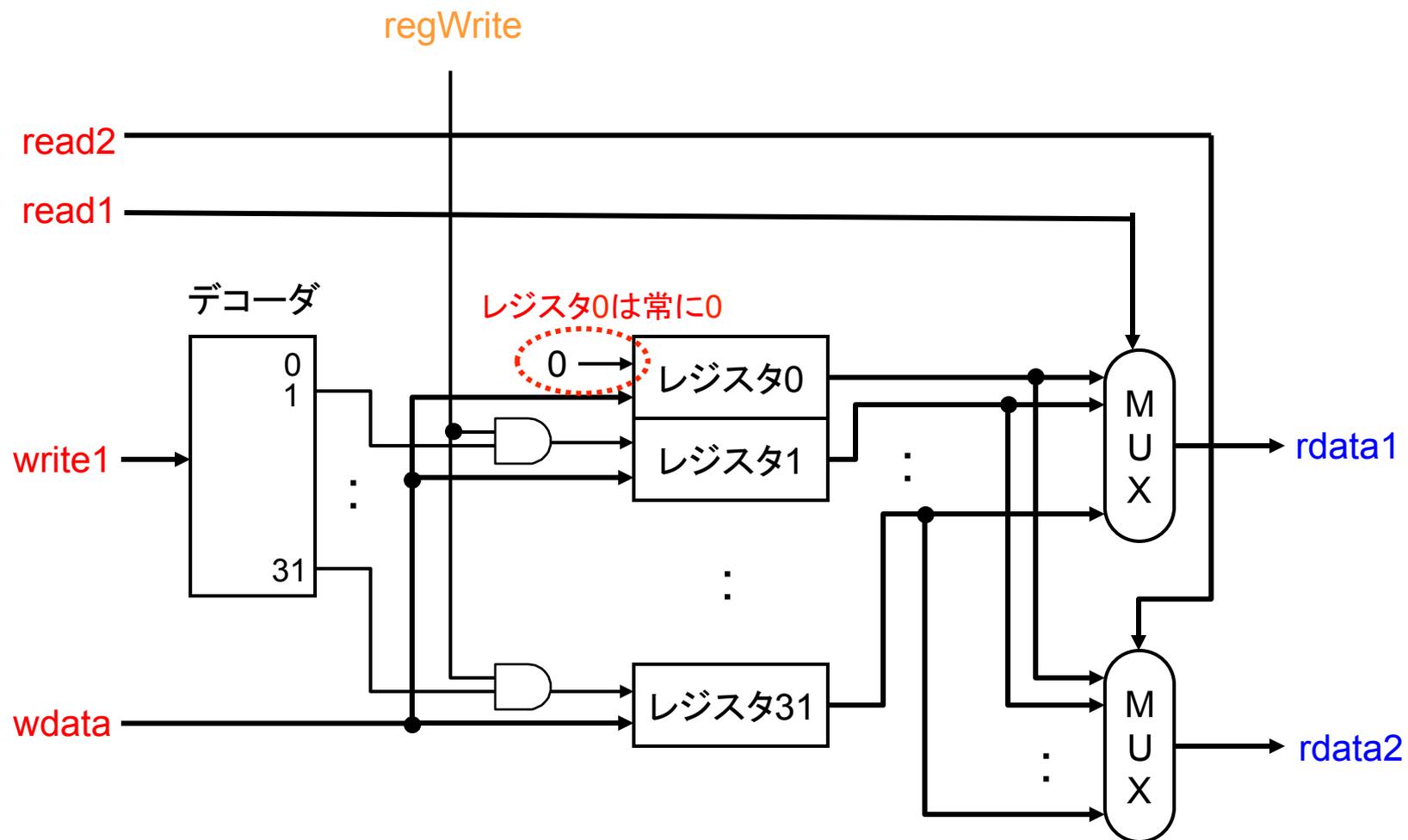
- ▶ `read1, read2, write1`
 - ▶ 読み書きするレジスタ番号
- ▶ `wdata`
 - ▶ 書き込むデータ
- ▶ `regWrite`
 - ▶ 書き込み制御信号

▶ 出力

- ▶ `rdata1, rdata2`
 - ▶ 読んだデータ

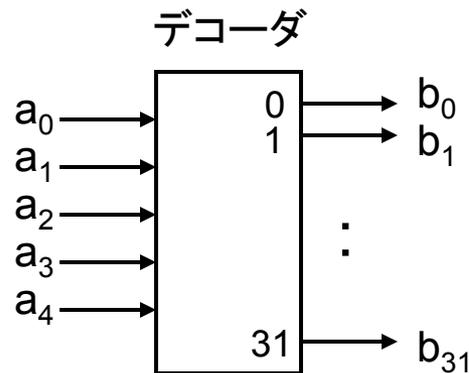


レジスタファイルの回路図



デコーダ

- ▶ 入力された数値に対応するビットを1にして出力
 - ▶ マルチプレクサの制御入力の部分に似ている
 - ▶ n 本の制御入力を使って 2^n 本の入力から1つ選ぶ
 - ▶ 例: $a = 00011$ (10進数で **3**) が入力されたら $b_3 = 1$ になる(他の b_i は 0)



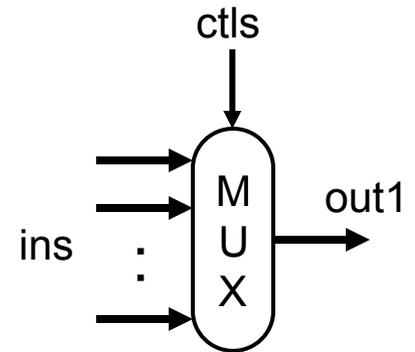
Decoder5 クラス

```
// 5ビット(a)から32ビット(b)へのデコーダ  
// 回路を用いずに作成してよい(if文使用可)  
public class Decoder5 {  
    public Decoder5(Bus a, Bus b) {  
        :  
    }  
    public void run() {  
        // バスbの内、aの値によって選ばれる  
        // 配線の値だけを1に設定する(後の配線は0)  
    }  
}
```

MUX32_bus クラス

```
// 32入力のマルチプレクサ(バス版)
// 回路を用いずに作成してよい(if文使用可)
public class MUX32_bus {
    public MUX32_bus(Bus ctls, // 5ビット
                    Bus[] ins, // 32本
                    Bus out1) {

        :
    }
    public void run() {
        // ctlsの値によって選択される入力バスの値を
        // 出力バスに設定する
    }
}
```



RegisterFile クラス

```
// デコーダ、レジスタ、32ビットMUXを接続する
public class RegisterFile {
    Register[] regs = new Register[32];
    Decode5 dec;
    MUX32_bus mux1, mux2;
    public RegisterFile(Path regWrite,           // 制御入力
                        Bus read1, Bus read2,    // 入力
                        Bus write1, Bus wdata,
                        Bus rdata1, Bus rdata2) { // 出力
        :
    }
    public void run() {
        :
    }
}
```

RegisterFile クラスの使い方

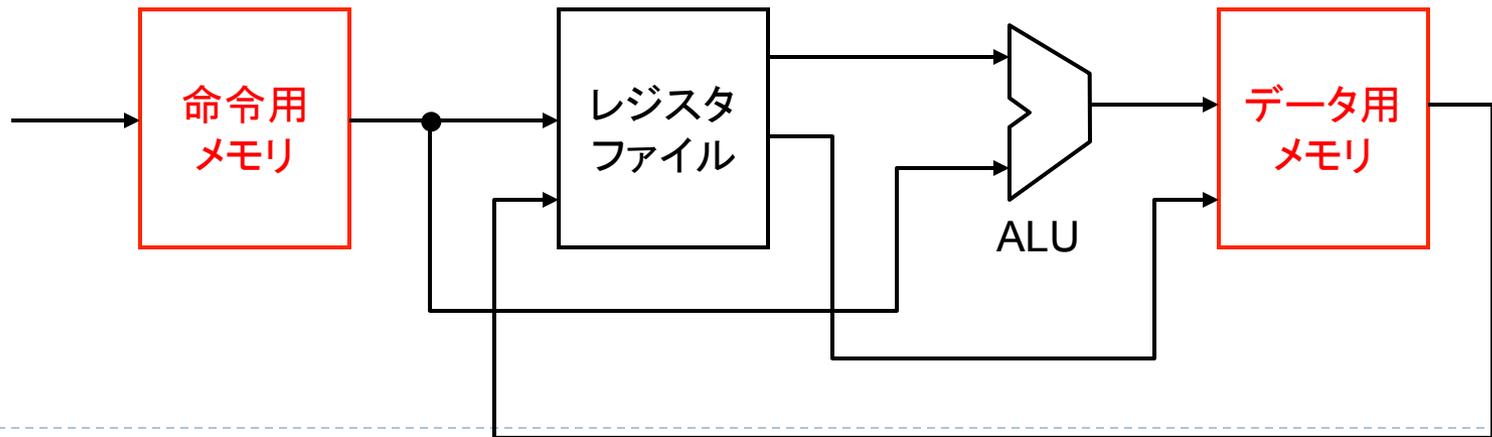
```
RegisterFile regFile =
    new RegisterFile(regWrite, read1, read2, write1, wdata,
                    rdata1, rdata2);

// 1番レジスタへの書き込みと読み出しを同時に行う
regWrite.setSignal(new Signal(true));
read1.setValue(1); // 読み出すレジスタ番号
write1.setValue(1); // 書き込むレジスタ番号
wdata.setValue(100); // 書き込む値
regFile.run();
System.out.println(rdata1.getValue()); // 古い値(0)

// もう一度同じアクセス
regFile.run();
System.out.println(rdata1.getValue()); // 新しい値(100)
```

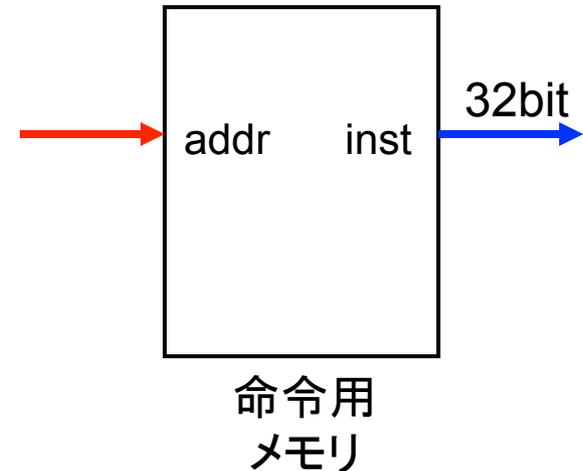
メモリ

- ▶ メモリを命令用とデータ用に分離し、個別に実装
 - ▶ 通常は区別はない
 - ▶ 制御を簡単にするため
- ▶ メモリは回路を用いずに実装する
 - ▶ 回路を用いると巨大になるため



命令用メモリ

- ▶ 命令用メモリは読み出し専用
 - ▶ 入力: 16進数アドレス(バイトアドレッシング)
 - ▶ 命令サイズ: 4byte (32bit)
 - ▶ 4byte (32bit) 毎に命令を格納
 - ▶ 出力: 命令
- ▶ アドレス 0x04000000 から始める
 - ▶ spim と同じ開始アドレス
- ▶ Spimの「.textセグメント」に相当

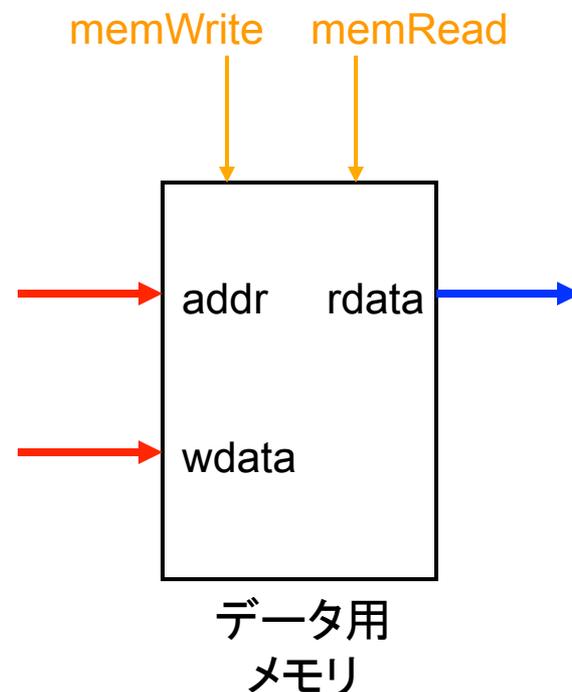


InstMemory クラス

```
public class InstMemory {
    int[] mem = new int[1024]; // 1024ワード
    //mem[i]: 1ワード(32bit)=>1命令分の情報を格納
    public InstMemory(Bus addr, Bus inst) {
        :
    }
    public void run() {
        // instバスにデータを送る
        // 命令アドレスは0x04000000から始まるので、
        // 0x04000000をmem[0]に対応させると効率がよい
        // memはワード単位なので4で割る
        long val = addr.getValue();
        int offset = (int)(val - 0x04000000) / 4;
        // mem[offset]の値をinstに設定
    }
    public void setInst(int addr, int inst) {
        // 命令をメモリに書き込む処理を書く
    }
}
```

データ用メモリ

- ▶ データ用メモリは読み書き可
 - ▶ 制御入力: memWrite、memRead
 - ▶ 読み書きを制御
 - ▶ 入力: アドレス、書き込むデータ
 - ▶ 出力: 読み出したデータ
- ▶ アドレス 0x10000000 から始める
 - ▶ spim と同じ開始アドレス
- ▶ Spimの「.dataセグメント」、スタック等に相当



DataMemory クラス

```
public class DataMemory {
    int[] mem = new int[1024]; // 1024ワード
    public DataMemory(Path memRead, Path memWrite, // 制御入力
                      Bus addr, Bus wdata, // 入力
                      Bus rdata) { // 出力
        :
    }
    public void run() {
        // 本来ならmemReadとmemWriteが1かどうかはANDGateを
        // 使って判定するが、ここでは回路を用いないのでif文を使ってよい
        if (memRead.readSignal().getValue()) {
            // 読み出し処理(メモリの値をrdataに設定)
        }
        else if (memWrite.readSignal().getValue()) {
            // memRead, memWriteが同時に1になることはない。=> else if
            // 書き込み処理(wdataの値をメモリに設定)
        }
    }
}
```

課題

課題1 (再掲)

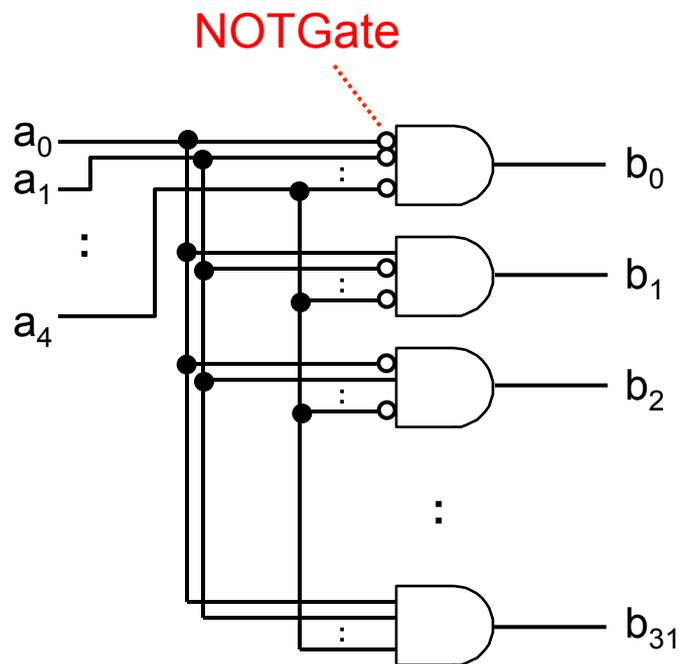
- ▶ レジスタファイルを完成させよ
 - ▶ Register、Decoder5、MUX32_bus、RegisterFile
 - ▶ RegisterFileDriver クラスを作り、テストを行うこと
 - ▶ 同じレジスタへの書き込みと読み出しを行うテストすること
 - run()を2回実行する必要がある

課題2（再掲）

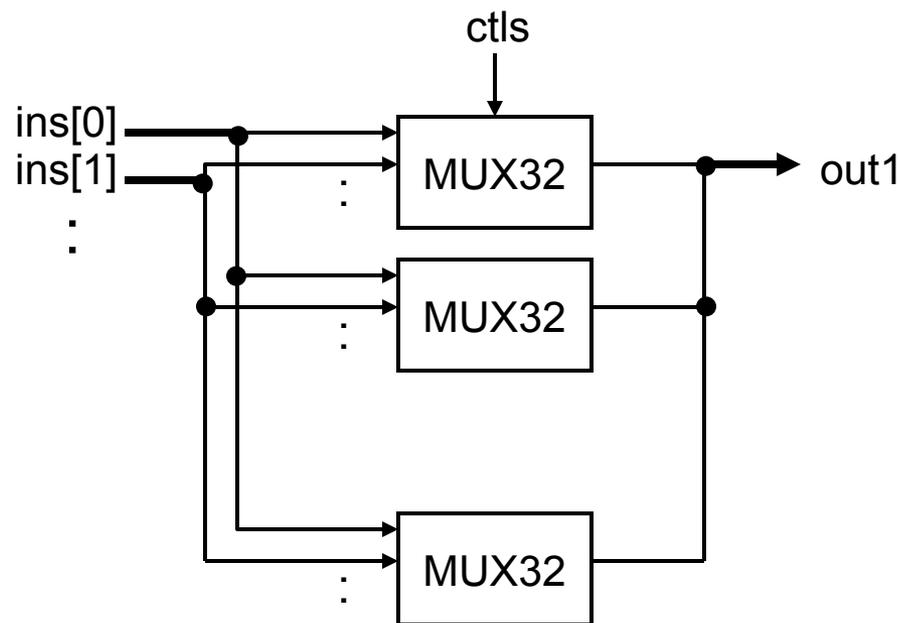
- ▶ メモリを完成させよ
 - ▶ InstMemory、DataMemory
 - ▶ InstMemoryDriver、DataMemoryDriver を作り、テストを行うこと
 - ▶ データを書き込んだ後に正しく読み出せることを確認すること

課題3 (オプション) (再掲)

- ▶ Decoder5 クラスおよび MUX32_bus クラスを回路を使って実現せよ



Decoder5



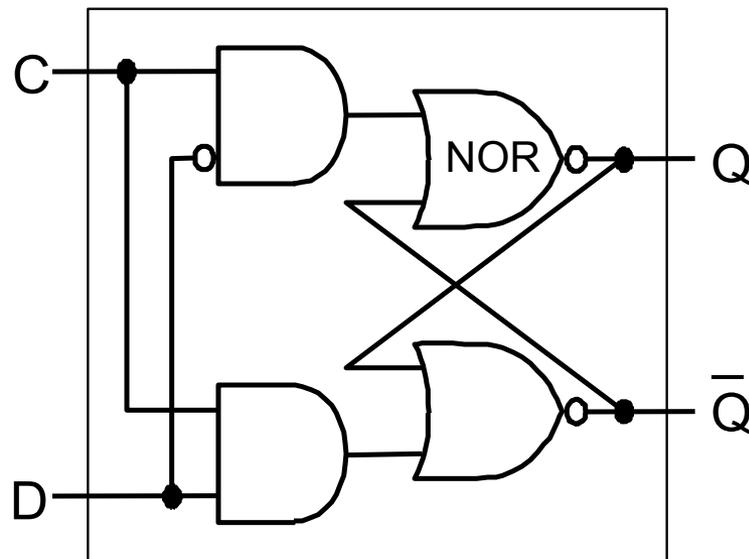
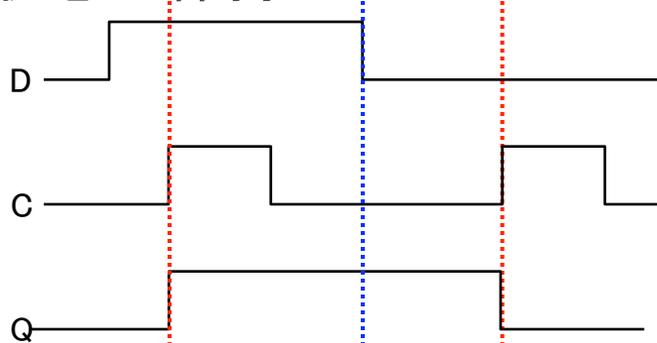
MUX32_bus

課題4(オプション)(再掲)

- ▶ レジスタをフリップフロップを使って作成し直してみよ
 - ▶ D-フリップフロップを配列として作成
 - ▶ 1ビットの情報を保持する
 - ▶ D-フリップフロップはD-ラッチの組み合わせ回路
 - ▶ 制御入力としてクロックを入れる

ヒント:D-ラッチ

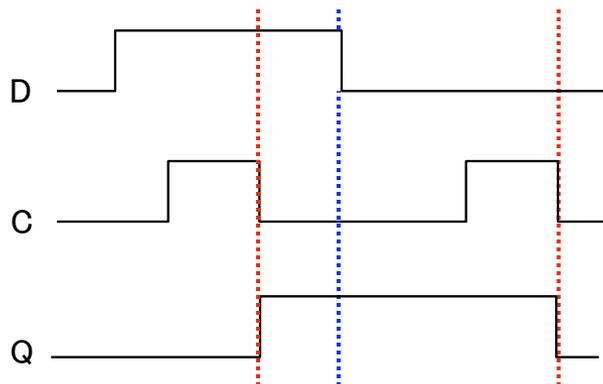
- ▶ クロック(C)が 1 の間、入力 D の値が出力 Q に反映される
 - ▶ メモリへの書き込み
- ▶ クロックが 0 の間、D の値が変化しても Q は変化しない
 - ▶ メモリからの読み出し
 - ▶ 状態の保持



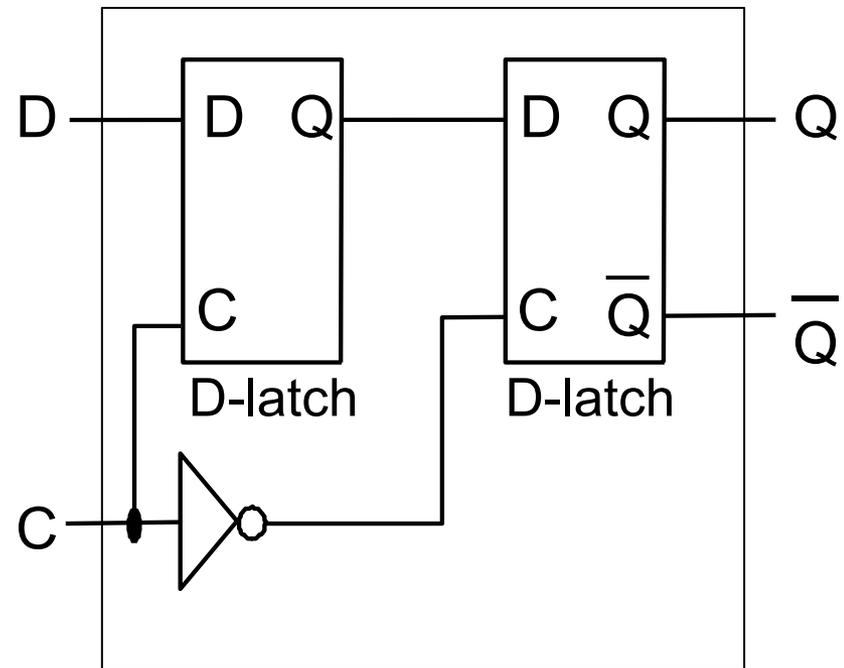
NOR: ORの出力を反転したゲート

ヒント:D-フリップフロップ

- ▶ 下降クロックエッジでのみ
入力が出力に反映される
 - ▶ C=1 になった時に1つ目のD-ラッチに反映
 - ▶ C=0 になった時に2つ目のD-ラッチに反映



1クロックサイクル



ヒント:Latch, FlipFlop クラス

```
public class Latch {
    public Latch(Path clock, Path data, Path q, Path q2) {
        :
    }
    public void run() {
        // 出力を安定させるためにNOR回路を2回実行する必要がある
        // 実行結果のqとq2の値をNOR回路への入力とするため
    }
}

public class FlipFlop {
    public FlipFlop(Path clock, Path data, Path q, Path q2) {
        // 初期値を0にするには、2つのLatchの出力をq=0, q2=1に設定しておく
    }
    public void run() {
        :
    }
}
```

ヒント: Register クラスの使い方

```
Path regWrite = new Path(); // 書き込み制御フラグ
Path clock = new Path(); // クロック
Bus wdata = new Bus(32); // 書き込むデータ
Bus rdata = new Bus(32); // 読み出したデータ
Register reg = new Register(regWrite, clock, wdata, rdata);

// クロックが1の間に書き込みたい値を入力する
clock.setSignal(new Signal(true));
regWrite.setSignal(new Signal(true));
wdata.setValue(100);
reg.run();
System.out.println(rdata.readSignal()); // まだ読み出せない

// 下降クロックエッジ(1→0)で実際に書き込み
clock.setSignal(new Signal(false));
reg.run();
System.out.println(rdata.readSignal()); // 出力に反映される
```

課題提出

- ▶ 〆切: 7/13 (Fri) 23:59
- ▶ 提出物: 以下のファイルを圧縮したもの
 - ▶ ドキュメント(pdf,plain txt,wordなんでも可)
 - ▶ テスト結果 (テスト内容とその結果)
 - 注意: 作成したプログラムは今後も使用するため、十分にテストすること
 - ▶ 感想等
 - ▶ プログラムソース一式 (ソースコードのみ)
 - ▶ 必ず...Driver.javaクラスも含める
- ▶ 提出方法: Webから提出