

# **Programación Asíncrona**

# Introducción

- El intérprete de javascript ejecuta el código **en una sola hebra**
- **NO** permite **conurrencia**
- Si la hebra se bloquea, **TODO** el programa se bloquea!

# Introducción

- Abre una página cualquiera con el navegador
- Teclea en la consola:

```
for (let i = 1e10; i--);
```

- E intenta interactuar con la página

# Introducción

- ¿Qué pasa si tenemos operaciones largas de entrada/salida?

```
const result = syncHttpGet('/me'); // 300ms
```

```
const button = document.querySelector('#button');  
  
button.addEventListener('click', () => {  
  alert('Clicked!');  
});  
  
console.log('* ready');
```

# Introducción

- Configuramos una **condición**
- A la que asociamos **una función**
- Que **no ejecutamos nosotros**
- **Delegamos su ejecución** en la plataforma
- Y **alteramos el flujo natural del programa**
  - ejecución **desordenada**

# Introducción

- El *intérprete* ejecuta **el código** en una sola hebra...
- ...pero **cada proceso de I/O** tiene **su propia hebra!**
- ...y se comunican con la hebra principal **mediante callbacks**

# Introducción

- Una sola hebra = decisión de diseño
  - Elimina completamente la **conurrencia** de código
  - Facilita **MUCHO** la escritura de programas
  - Mantiene la concurrencia de I/O
  - Transparente para el programador



# Callbacks

# Callbacks

- Un **callback** es
  - Una **función**
  - Que **definimos nosotros**
  - Pero que **será ejecutada** por **otro agente**
  - Posiblemente con **parámetros** que describen el suceso que al que estaba asociado

```
const callback = () => alert('hi');  
  
setTimeout(callback, 100);
```

# Callbacks

- **TODA** la asincronía en JS se basa en callbacks
  - las demás técnicas son patrones sobre callbacks
- Mecanismo de “**bajo nivel**”
- Continuation Passing Style (CPS)

# Callbacks

- **DOS** limitaciones importantes respecto a las funciones
  - **NO** se puede recuperar su *valor de retorno*
  - **NO** se pueden capturar sus *excepciones*

```
function delaySum(a, b) {  
  setTimeout(() => a + b, 100);  
}
```

```
const result = delaySum(12, 90);  
console.log(result); // ???
```

# Callbacks

- La **única** manera de “devolver” un valor desde un callback es **llamando a otro callback**
  - La asincronía es *contagiosa*
  - En cuanto un valor es asíncrono, **todo el código que lo utilice** va a ser asíncrono también

```
function delaySum(a, b, callback) {  
  setTimeout(() => callback(a + b), 100);  
}
```

```
delaySum(12, 90, (result) => {  
  console.log(sum);  
}));
```



```
function delaySum(a, b, callback) {  
  setTimeout(() => callback(a + b), 100);  
}
```

```
delaySum(12, 90, (result) => {  
  console.log(sum);  
});
```

```
function delaySum(a, b, callback) {  
  setTimeout(() => callback(a + b), 100);  
}
```

```
delaySum(12, 90, (result) => {  
  console.log(sum);  
}));
```

```
function delayDiv(a, b, callback) {  
  setTimeout(() => {  
    if (b === 0) throw new Error('Div by 0!');  
    callback(a / b);  
  }, 100);  
}  
  
try {  
  delayDiv(12, 0, (result) => {  
    console.log(result);  
  });  
} catch(e) {  
  console.log('Safely captured:', e.message);  
}
```

# Callbacks

- El **acuerdo general** (sobre todo en node.js) es:
  - Los callbacks **NUNCA** levantan excepción
  - Si hay algún error, se pasa **como primer parámetro** al **callback**
  - Si todo va bien, el primer parámetro se deja a **null**

```
function delayDiv(a, b, callback) {
  setTimeout(() => {
    if (b === 0) {
      callback(new Error('Div by 0!'))
    } else {
      callback(null, a / b);
    }
  }, 100);
}

delayDiv(12, 0, (err, result) => {
  if (err) {
    console.log('Safely captured:', err.message);
  } else {
    console.log(result);
  }
});
```

```
function delayDiv(a, b, callback) {
  setTimeout(() => {
    if (b === 0) {
      callback(new Error('Div by 0!'))
    } else {
      callback(null, a / b);
    }
  }, 100);
}

delayDiv(12, 0, (err, result) => {
  if (err) {
    console.log('Safely captured:', err.message);
  } else {
    console.log(result);
  }
});
```

# Callbacks

- Esto es, en esencia, **todo lo que hay que saber** sobre programación asíncrona en javascript

# Callbacks

- Supongamos que tenemos cuatro *funciones asíncronas*
  - **getPlayers(callback)**
  - **throwDice(callback)**
  - **savePlayerScore(score, callback)**
  - **getScoreBoard(callback)**



# Operaciones Sobre Listas

- **getPlayers(callback)**
  - invoca **callback** con un **array** de nombres de jugadores
    - `callback(err, players)`

# Operaciones Sobre Listas

- **throwDice(callback)**
  - invoca **callback** con **un número** aleatorio entre 1 y 6
    - `callback(err, number)`

# Operaciones Sobre Listas

- **savePlayerScore(score, callback)**
  - **almacenamos** la puntuación de un jugador
    - `{ player: 'nombre', score: [4, 3] }`
  - invoca **callback** cuando la operación finalice
    - `callback(err)`

# Operaciones Sobre Listas

- **getScoreBoard(callback)**
  - invoca **callback** con la **lista de puntuaciones** de todos los jugadores
    - `callback(err, scores)`

# Ejercicio: Callbacks

- `ejercicios/e2-callback/index.js`
- Vamos a implementar el flujo completo para **el primer jugador del array**:
  - Primero solicitamos la **lista de jugadores**
  - Después, **tiramos dos dados** (uno tras otro)
  - Cuando tengamos las dos tiradas, **guardamos** la puntuación
  - Después de guardarla, **solicitamos la lista de puntuación** y la mostramos en la consola

```
getPlayers((err, [player]) => {  
  throwDice((err, dice1) => {  
    throwDice((err, dice2) => {  
      const score = { player, score: [dice1, dice2] };  
      savePlayerScore(score, (err) => {  
        getScoreBoard(console.log);  
      });  
    });  
  });  
});
```

# Ejercicio: Callbacks

- Los **callbacks** reciben como primer parámetro:
  - **null** si no hubo ningún error
  - una instancia de **Error**
- Modifica el código para que, si se recibe un error, el error se muestre por consola y se pare la ejecución

```

getPlayers((err, [player]) => {
  if (err) {
    console.log(err);
  } else {
    throwDice((err, dice1) => {
      if (err) {
        console.log(err);
      } else {
        throwDice((err, dice2) => {
          if (err) {
            console.log(err);
          } else {
            const score = { player, score: [dice1, dice2] };
            savePlayerScore(score, (err) => {
              if (err) {
                console.log(err);
              } else {
                getScoreBoard((err, scoreBoard) => console.log(scoreBoard));
              }
            });
          }
        });
      }
    });
  }
});

```



```
getPlayers((err, [player]) => {  
  if (err) {  
    console.log(err);  
  } else {  
    throwDice((err, dice1) => {  
      if (err) {  
        console.log(err);  
      } else {  
        throwDice((err, dice2) => {  
          if (err) {  
            console.log(err);  
          } else {  
            const score = { player, score: [dice1, dice2] };  
            savePlayerScore(score, (err) => {  
              if (err) {  
                console.log(err);  
              } else {  
                getScoreBoard((err, scoreBoard) => console.log(scoreBoard));  
              }  
            });  
          }  
        });  
      }  
    });  
  }  
});
```

# Ejercicio: Callbacks

- Modifica el código para **reintentar** las operaciones que le pasen un error al **callback**
  - **desafío extra:** reintentar un número controlado de veces

```
function retry(operation, times) {  
  return function aux(...args) {  
    const callback = args.pop();  
    operation(...args, (err, ...results) => {  
      if (err) {  
        if (times-- === 0) return callback(err, ...results);  
        console.log('* retrying:', err.message);  
        aux(...args, callback);  
      } else {  
        callback(null, ...results);  
      }  
    });  
  };  
}
```

```
function retry(operation, times) {  
  return function aux(...args) {  
    const callback = args.pop();  
    operation(...args, (err, ...results) => {  
      if (err) {  
        if (times-- === 0) return callback(err, ...results);  
        console.log('* retrying:', err.message);  
        aux(...args, callback);  
      } else {  
        callback(null, ...results);  
      }  
    });  
  };  
}
```

```
function retry(operation, times) {  
  return function aux(...args) {  
    const callback = args.pop();  
    operation(...args, (err, ...results) => {  
      if (err) {  
        if (times-- === 0) return callback(err, ...results);  
        console.log('* retrying:', err.message);  
        aux(...args, callback);  
      } else {  
        callback(null, ...results);  
      }  
    });  
  };  
}
```

```
function retry(operation, times) {  
  return function aux(...args) {  
    const callback = args.pop();  
    operation(...args, (err, ...results) => {  
      if (err) {  
        if (times-- === 0) return callback(err, ...results);  
        console.log('* retrying:', err.message);  
        aux(...args, callback);  
      } else {  
        callback(null, ...results);  
      }  
    });  
  };  
}
```

```
function retry(operation, times) {  
  return function aux(...args) {  
    const callback = args.pop();  
    operation(...args, (err, ...results) => {  
      if (err) {  
        if (times-- === 0) return callback(err, ...results);  
        console.log('* retrying:', err.message);  
        aux(...args, callback);  
      } else {  
        callback(null, ...results);  
      }  
    });  
  };  
}
```

```
function retry(operation, times) {  
  return function aux(...args) {  
    const callback = args.pop();  
    operation(...args, (err, ...results) => {  
      if (err) {  
        if (times-- === 0) return callback(err, ...results);  
        console.log('* retrying:', err.message);  
        aux(...args, callback);  
      } else {  
        callback(null, ...results);  
      }  
    });  
  };  
}
```



```
function retry(operation, times) {  
  return function aux(...args) {  
    const callback = args.pop();  
    operation(...args, (err, ...results) => {  
      if (err) {  
        if (times-- === 0) return callback(err, ...results);  
        console.log('* retrying:', err.message);  
        aux(...args, callback);  
      } else {  
        callback(null, ...results);  
      }  
    });  
  };  
}
```

```
const retryGetPlayers = retry(getPlayers, 10);  
const retryThrowDice = retry(throwDice, 10);  
const retrySavePlayerScore = retry(savePlayerScore, 10);  
const retryGetScoreBoard = retry(getScoreBoard, 10);
```

```
retryGetPlayers((err, [player]) => {  
  retryThrowDice((err, dice1) => {  
    retryThrowDice((err, dice2) => {  
      const score = { player, score: [dice1, dice2] };  
      retrySavePlayerScore(score, (err) => {  
        retryGetScoreBoard(console.log);  
      });  
    });  
  });  
});
```

```
retry(getPlayers, 2)((err, [player]) => {  
  retry(throwDice, 2)((err, dice1) => {  
    retry(throwDice, 2)((err, dice2) => {  
      const score = { player, score: [dice1, dice2] };  
      retry(savePlayerScore, 1)(score, (err) => {  
        retry(getScoreBoard, 1)(console.log);  
      });  
    });  
  });  
});
```

# Ejercicio: Callbacks

- Ahora aplica el mismo flujo **para todos los jugadores** del array
  - Primero implementa la solución en **paralelo**
  - Después solución **en serie**
- Llama a **getScoreBoard()** cuando **TODOS** hayan terminado

```
function asyncMap(fn, list, callback) {  
  const results = [];  
  let remaining = list.length;  
  let finished = false;  
  list.map((item, i) => {  
    fn(item, (err, result) => {  
      if (finished) return;  
      if (err) {  
        finished = true;  
        return callback(err, []);  
      }  
      results.push(result);  
      if (--remaining === 0) callback(null, results);  
    })  
  });  
}
```

```
function asyncMap(fn, list, callback) {  
  const results = [];  
  let remaining = list.length;  
  let finished = false;  
  list.map((item, i) => {  
    fn(item, (err, result) => {  
      if (finished) return;  
      if (err) {  
        finished = true;  
        return callback(err, []);  
      }  
      results.push(result);  
      if (--remaining === 0) callback(null, results);  
    })  
  });  
}
```

```
function asyncMap(fn, list, callback) {  
  const results = [];  
  let remaining = list.length;  
  let finished = false;  
  list.map((item, i) => {  
    fn(item, (err, result) => {  
      if (finished) return;  
      if (err) {  
        finished = true;  
        return callback(err, []);  
      }  
      results.push(result);  
      if (--remaining === 0) callback(null, results);  
    })  
  });  
}
```



```
function asyncMap(fn, list, callback) {  
  const results = [];  
  let remaining = list.length;  
  let finished = false;  
  list.map((item, i) => {  
    fn(item, (err, result) => {  
      if (finished) return;  
      if (err) {  
        finished = true;  
        return callback(err, []);  
      }  
      results.push(result);  
      if (--remaining === 0) callback(null, results);  
    })  
  });  
}
```

```
function asyncMap(fn, list, callback) {  
  const results = [];  
  let remaining = list.length;  
  let finished = false;  
  list.map((item, i) => {  
    fn(item, (err, result) => {  
      if (finished) return;  
      if (err) {  
        finished = true;  
        return callback(err, []);  
      }  
      results.push(result);  
      if (--remaining === 0) callback(null, results);  
    })  
  });  
}
```

```
function asyncMap(fn, list, callback) {  
  const results = [];  
  let remaining = list.length;  
  let finished = false;  
  list.map((item, i) => {  
    fn(item, (err, result) => {  
      if (finished) return;  
      if (err) {  
        finished = true;  
        return callback(err, []);  
      }  
      results.push(result);  
      if (--remaining === 0) callback(null, results);  
    })  
  });  
}
```

```
function asyncMap(fn, list, callback) {  
  const results = [];  
  let remaining = list.length;  
  let finished = false;  
  list.map((item, i) => {  
    fn(item, (err, result) => {  
      if (finished) return;  
      if (err) {  
        finished = true;  
        return callback(err, []);  
      }  
      results.push(result);  
      if (--remaining === 0) callback(null, results);  
    })  
  });  
}
```

```
function throwDiceAndSave(player, callback) {  
  retryThrowDice((err, dice1) => {  
    if (err) return callback(err);  
    retryThrowDice((err, dice2) => {  
      if (err) return callback(err);  
      const score = { player, score: [dice1, dice2] };  
      retrySavePlayerScore(score, callback);  
    });  
  });  
}
```

```
retryGetPlayers((err, players) => {  
  if (err) return console.log(err);  
  asyncMap(throwDiceAndSave, players, (err) => {  
    if (err) return console.log(err);  
    retryGetScoreBoard(console.log);  
  })  
});
```

```
function throwDiceAndSave(player, callback) {  
  retryThrowDice((err, dice1) => {  
    if (err) return callback(err);  
    retryThrowDice((err, dice2) => {  
      if (err) return callback(err);  
      const score = { player, score: [dice1, dice2] };  
      retrySavePlayerScore(score, callback);  
    });  
  });  
}
```

```
retryGetPlayers((err, players) => {  
  if (err) return console.log(err);  
  asyncMap(throwDiceAndSave, players, (err) => {  
    if (err) return console.log(err);  
    retryGetScoreBoard(console.log);  
  })  
});
```

```
function throwDiceAndSave(player, callback) {  
  retryThrowDice((err, dice1) => {  
    if (err) return callback(err);  
    retryThrowDice((err, dice2) => {  
      if (err) return callback(err);  
      const score = { player, score: [dice1, dice2] };  
      retrySavePlayerScore(score, callback);  
    });  
  });  
}
```

```
retryGetPlayers((err, players) => {  
  if (err) return console.log(err);  
  asyncMap(throwDiceAndSave, players, (err) => {  
    if (err) return console.log(err);  
    retryGetScoreBoard(console.log);  
  })  
});
```

```
function throwDiceAndSave(player, callback) {  
  retryThrowDice((err, dice1) => {  
    if (err) return callback(err);  
    retryThrowDice((err, dice2) => {  
      if (err) return callback(err);  
      const score = { player, score: [dice1, dice2] };  
      retrySavePlayerScore(score, callback);  
    });  
  });  
}
```

```
retryGetPlayers((err, players) => {  
  if (err) return console.log(err);  
  asyncMap(throwDiceAndSave, players, (err) => {  
    if (err) return console.log(err);  
    retryGetScoreBoard(console.log);  
  })  
});
```



```
function asyncMapSeries(fn, list, callback) {  
  const results = [];  
  let listCopy = list.slice();  
  const next = () => {  
    if (listCopy.length > 0) {  
      const element = listCopy.shift();  
      fn(element, (err, result) => {  
        if (err) return callback(err, []);  
        results.push(result);  
        next();  
      });  
    } else {  
      callback(null, results);  
    }  
  };  
  next();  
}
```

```
function asyncMapSeries(fn, list, callback) {  
  const results = [];  
  let listCopy = list.slice();  
  const next = () => {  
    if (listCopy.length > 0) {  
      const element = listCopy.shift();  
      fn(element, (err, result) => {  
        if (err) return callback(err, []);  
        results.push(result);  
        next();  
      });  
    } else {  
      callback(null, results);  
    }  
  };  
  next();  
}
```

```
function asyncMapSeries(fn, list, callback) {  
  const results = [];  
  let listCopy = list.slice();  
  const next = () => {  
    if (listCopy.length > 0) {  
      const element = listCopy.shift();  
      fn(element, (err, result) => {  
        if (err) return callback(err, []);  
        results.push(result);  
        next();  
      });  
    } else {  
      callback(null, results);  
    }  
  };  
  next();  
}
```

```
function asyncMapSeries(fn, list, callback) {  
  const results = [];  
  let listCopy = list.slice();  
  const next = () => {  
    if (listCopy.length > 0) {  
      const element = listCopy.shift();  
      fn(element, (err, result) => {  
        if (err) return callback(err, []);  
        results.push(result);  
        next();  
      });  
    } else {  
      callback(null, results);  
    }  
  };  
  next();  
}
```

```
function throwDiceAndSave(player, callback) {  
  retryThrowDice((err, dice1) => {  
    if (err) return callback(err);  
    retryThrowDice((err, dice2) => {  
      if (err) return callback(err);  
      const score = { player, score: [dice1, dice2] };  
      retrySavePlayerScore(score, callback);  
    });  
  });  
}
```

```
retryGetPlayers((err, players) => {  
  if (err) return console.log(err);  
  asyncMapSeries(throwDiceAndSave, players, (err) => {  
    if (err) return console.log(err);  
    retryGetScoreBoard(console.log);  
  })  
});
```

```
function throwDiceAndSave(player, callback) {  
  retryThrowDice((err, dice1) => {  
    if (err) return callback(err);  
    retryThrowDice((err, dice2) => {  
      if (err) return callback(err);  
      const score = { player, score: [dice1, dice2] };  
      retrySavePlayerScore(score, callback);  
    });  
  });  
}
```

```
retryGetPlayers((err, players) => {  
  if (err) return console.log(err);  
  asyncMapSeries(throwDiceAndSave, players, (err) => {  
    if (err) return console.log(err);  
    retryGetScoreBoard(console.log);  
  })  
});
```

# Observables

# Observables

- Tradicionalmente:
  - desacoplar objetos dependientes
- Javascript
  - suscribir varios callbacks a un mismo agente
  - modelar procesos más sofisticado



# Observables

- Un **productor**
- Múltiples **consumidores**
- Se comunican mediante **eventos**

```
class Metronome extends Observable {  
  constructor(tempo) {  
    super();  
    this.intervalId = setInterval(() => this.tick(), tempo);  
    this.counter = 0;  
  }  
  tick() {  
    this.emit('tick', this.counter++);  
  }  
}
```

```
const m = new Metronome(1000);  
m.on('tick', t => console.log('* tick number', t));
```

```
class Metronome extends Observable {  
  constructor(tempo) {  
    super();  
    this.intervalId = setInterval(() => this.tick(), tempo);  
    this.counter = 0;  
  }  
  tick() {  
    this.emit('tick', this.counter++);  
  }  
}
```

```
const m = new Metronome(1000);  
m.on('tick', t => console.log('* tick number', t));
```

```
class Metronome extends Observable {  
  constructor(tempo) {  
    super();  
    this.intervalId = setInterval(() => this.tick(), tempo);  
    this.counter = 0;  
  }  
  tick() {  
    this.emit('tick', this.counter++);  
  }  
}
```

```
const m = new Metronome(1000);  
m.on('tick', t => console.log('* tick number', t));
```

```
class Metronome extends Observable {  
  constructor(tempo) {  
    super();  
    this.intervalId = setInterval(() => this.tick(), tempo);  
    this.counter = 0;  
  }  
  tick() {  
    this.emit('tick', this.counter++);  
  }  
}
```

```
const m = new Metronome(1000);  
m.on('tick', t => console.log('* tick number', t));
```

# Operaciones Sobre Listas

- **on(event, callback)**
  - **event**: string que identifica al evento
  - **callback**: la función que se asocia con ese evento

# Operaciones Sobre Listas

- **off(event, callback)**
  - **elimina** la asociación entre **callback** y **event**
  - Es decir: **callback** ya no se ejecutará cuando se emita **event**

# Operaciones Sobre Listas

- **emit(event, ...args)**
  - **emite** el evento **event** con los parámetros **args**
  - todos los **callbacks** asociados a **event** serán ejecutados con los parámetros **args**



# Ejercicio: Observable

- Implementa la clase **Observable**
  - Con sus tres métodos **on**, **off** y **emit**
  - Para que funcione el ejemplo anterior

```
class Observable {  
    constructor() {  
  
    }  
    on(event, cb) {  
  
    }  
    off(event, cb) {  
  
    }  
    emit(event, ...payload) {  
  
    }  
}
```

# Observables

- Probablemente *el patrón más importante en JS*
  - En *node.js* se llama **EventEmitter**
  - Fundamento para otras estructuras más complejas
    - Queues
    - Streams
    - ...

## Ejercicio: Observable

- Crea una clase **Dados** que emite **valores entre 1 y 6** emitiendo el evento **tirada** en un **intervalo aleatorio** entre 100 y 500 ms
- Crea dos instancias de **Dados**
- Escribe el código necesario para loguear **pares** de tiradas

# Queues

# Queues

- Usar **callbacks** directamente no es lo más cómodo
- Varios patrones para hacerlos más “manejaables”
- En el fondo, asincronía = callbacks
- Siguiendo una estructura de nivel más alto

# Queues

- **Colas o Queues:**

- Separar procesos asíncronos en su propia función (**worker**)
- Con **input** y **output** bien definido
- Cola de valores de entrada
- Fácilmente componibles

```
const doubler = new Queue((payload, done) => {  
  // computación con los datos de entrada  
  const result = payload * 2;  
  // cola de salida asíncrona  
  setTimeout(() => done(result), 100);  
});
```

```
doubler.push(10, r => console.log(`10 * 2 = ${r}`));
```

```
doubler.on('drain', () => console.log('La cola está vacía'));
```



```
const doubler = new Queue((payload, done) => {  
  // computación con los datos de entrada  
  const result = payload * 2;  
  // cola de salida asíncrona  
  setTimeout(() => done(result), 100);  
});
```

```
doubler.push(10, r => console.log(`10 * 2 = ${r}`));
```

```
doubler.on('drain', () => console.log('La cola está vacía'));
```

```
const doubler = new Queue(payload, done) => {  
  // computación con los datos de entrada  
  const result = payload * 2;  
  // cola de salida asíncrona  
  setTimeout(() => done(result), 100);  
});
```

```
doubler.push(10, r => console.log(`10 * 2 = ${r}`));
```

```
doubler.on('drain', () => console.log('La cola está vacía'));
```

```
const doubler = new Queue((payload, done) => {  
  // computación con los datos de entrada  
  const result = payload * 2;  
  // cola de salida asíncrona  
  setTimeout(() => done(result), 100);  
});
```

```
doubler.push(10, r => console.log(`10 * 2 = ${r}`));
```

```
doubler.on('drain', () => console.log('La cola está vacía'));
```

```
const doubler = new Queue((payload, done) => {  
  // computación con los datos de entrada  
  const result = payload * 2;  
  // cola de salida asíncrona  
  setTimeout(() => done(result), 100);  
});
```

```
doubler.push(10, r => console.log(`10 * 2 = ${r}`));
```

```
doubler.on('drain', () => console.log('La cola está vacía'));
```

```
const doubler = new Queue((payload, done) => {  
  // computación con los datos de entrada  
  const result = payload * 2;  
  // cola de salida asíncrona  
  setTimeout(() => done(result), 100);  
});
```

```
doubler.push(10, r => console.log(`10 * 2 = ${r}`));
```

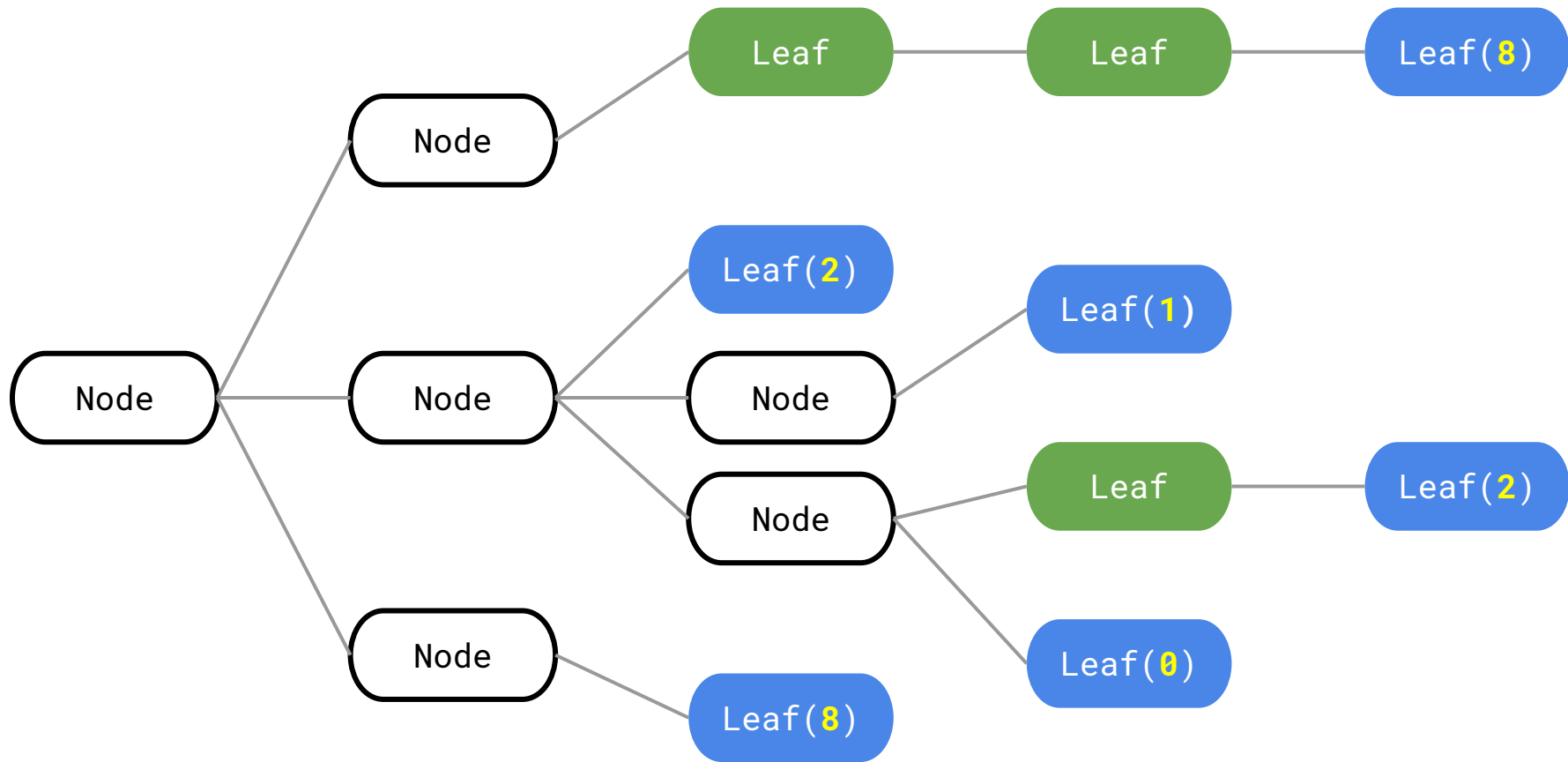
```
doubler.on('drain', () => console.log('La cola está vacía'));
```

# Queues

- A primera vista **no parece una mejora**
- Ofrece **dos ventajas** fundamentales:
  - concurrencia controlada
  - composición de pipelines complejas

# Una Estructura Asíncrona

- Vamos a estudiar **un ejemplo** de asincronía
- Más complejo que los que hemos visto hasta ahora
- Haremos varios ejercicios con él
  - como caso de asincronía no trivial
  - para comparar diferentes enfoques





```
const rand = n => Math.floor(Math.random() * n);  
const coin = () => rand(100) > 50;  
  
function repeat(fn, times) {  
  const r = [];  
  for (; times--> 0; r.push(fn()));  
  return r;  
}
```

```
class Node {  
  getChildren(cb) {  
    const children = repeat(  
      () => (coin() ? new Node() : new Leaf()),  
      rand(5)  
    );  
    cb(children);  
  }  
}
```

```
class Node {  
  getChildren(cb) {  
    const children = repeat(  
      () => (coin() ? new Node() : new Leaf()),  
      rand(5)  
    );  
    cb(children);  
  }  
}
```

```
class Node {  
  getChildren(cb) {  
    const children = repeat(  
      () => (coin() ? new Node() : new Leaf()),  
      rand(5)  
    );  
    cb(children);  
  }  
}
```

```
class Node {  
  getChildren(cb) {  
    const children = repeat(  
      () => (coin() ? new Node() : new Leaf()),  
      rand(5)  
    );  
    cb(children);  
  }  
}
```

```
class Node {  
  getChildren(cb) {  
    const children = repeat(  
      () => (coin() ? new Node() : new Leaf()),  
      rand(5)  
    );  
    cb(children);  
  }  
}
```

```
class Leaf {  
    constructor() { this.final = coin(); }  
    isFinalLeaf() { return this.final; }  
    getValue() { return this.final && rand(1000); }  
    getNextLeaf(cb) {  
        cb(new Leaf());  
    }  
}
```

```
class Leaf {  
    constructor() { this.final = coin(); }  
    isFinalLeaf() { return this.final; }  
    getValue() { return this.final && rand(1000); }  
    getNextLeaf(cb) {  
        cb(new Leaf());  
    }  
}
```



```
class Leaf {  
    constructor() { this.final = coin(); }  
    isFinalLeaf() { return this.final; }  
    getValue() { return this.final && rand(1000); }  
    getNextLeaf(cb) {  
        cb(new Leaf());  
    }  
}
```

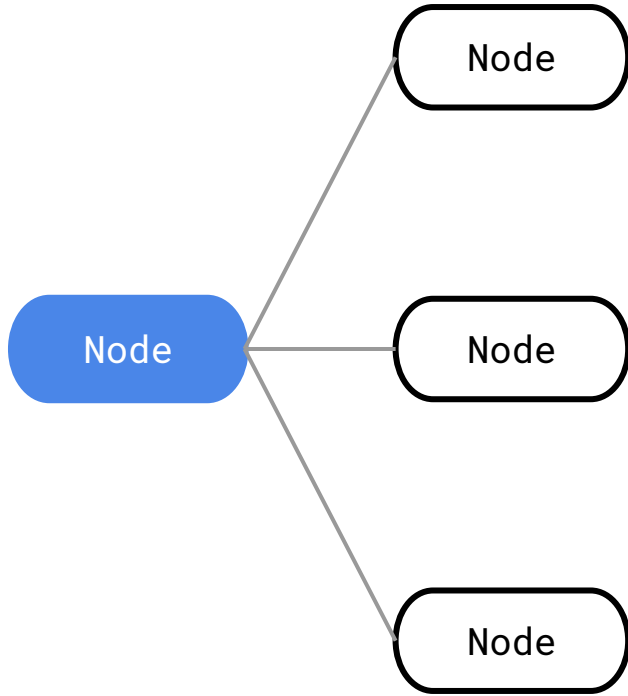
```
class Leaf {  
    constructor() { this.final = coin(); }  
    isFinalLeaf() { return this.final; }  
    getValue() { return this.final && rand(1000); }  
    getNextLeaf(cb) {  
        cb(new Leaf());  
    }  
}
```

```
class Leaf {  
    constructor() { this.final = coin(); }  
    isFinalLeaf() { return this.final; }  
    getValue() { return this.final && rand(1000); }  
    getNextLeaf(cb) {  
        cb(new Leaf());  
    }  
}
```

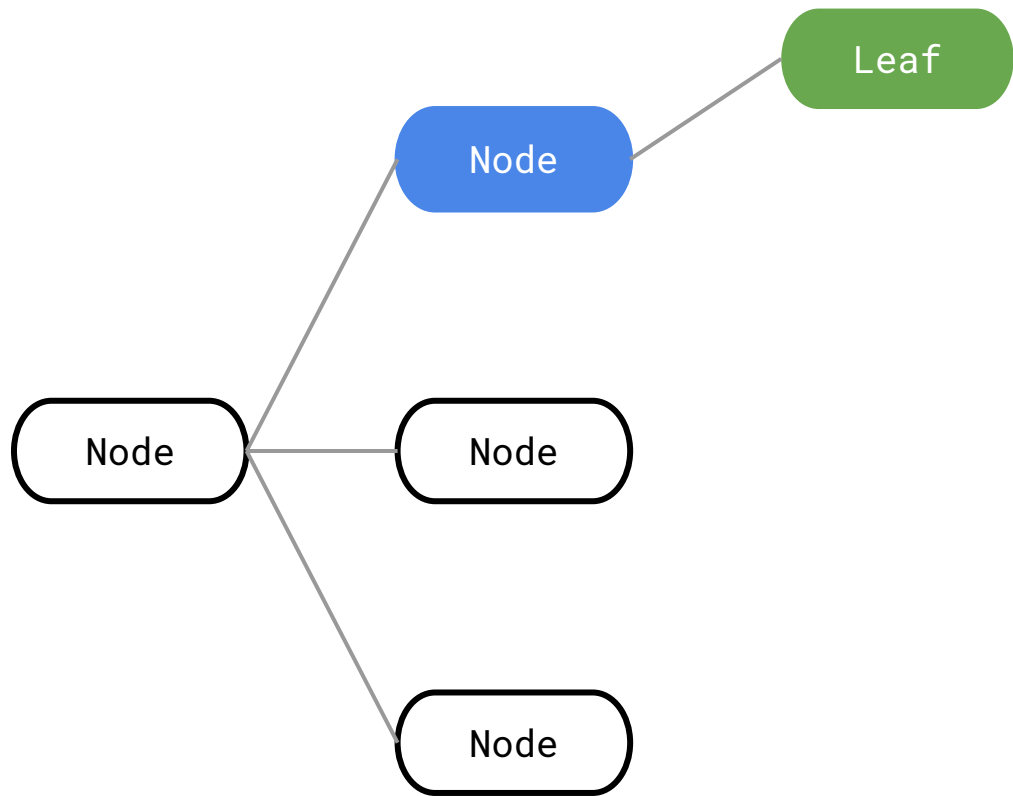
```
const getRootNodes = cb => cb(repeat(() => new Node(), 10));
```

Node

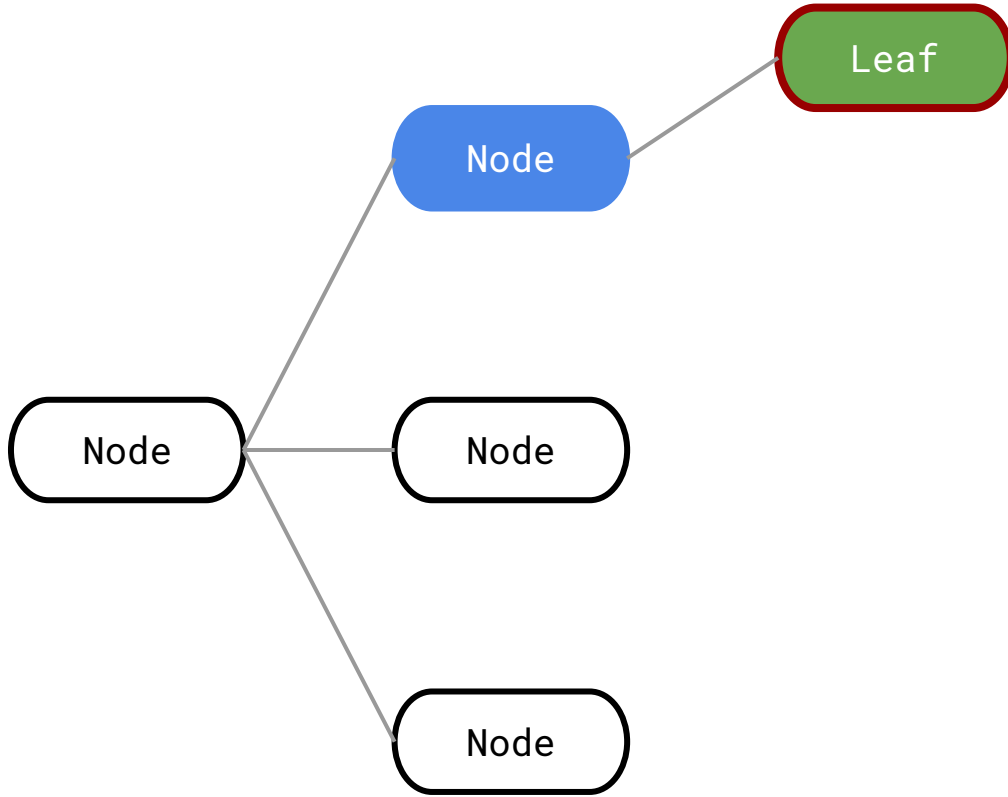
getRootNodes(cb)



`node.getChildren(cb)`

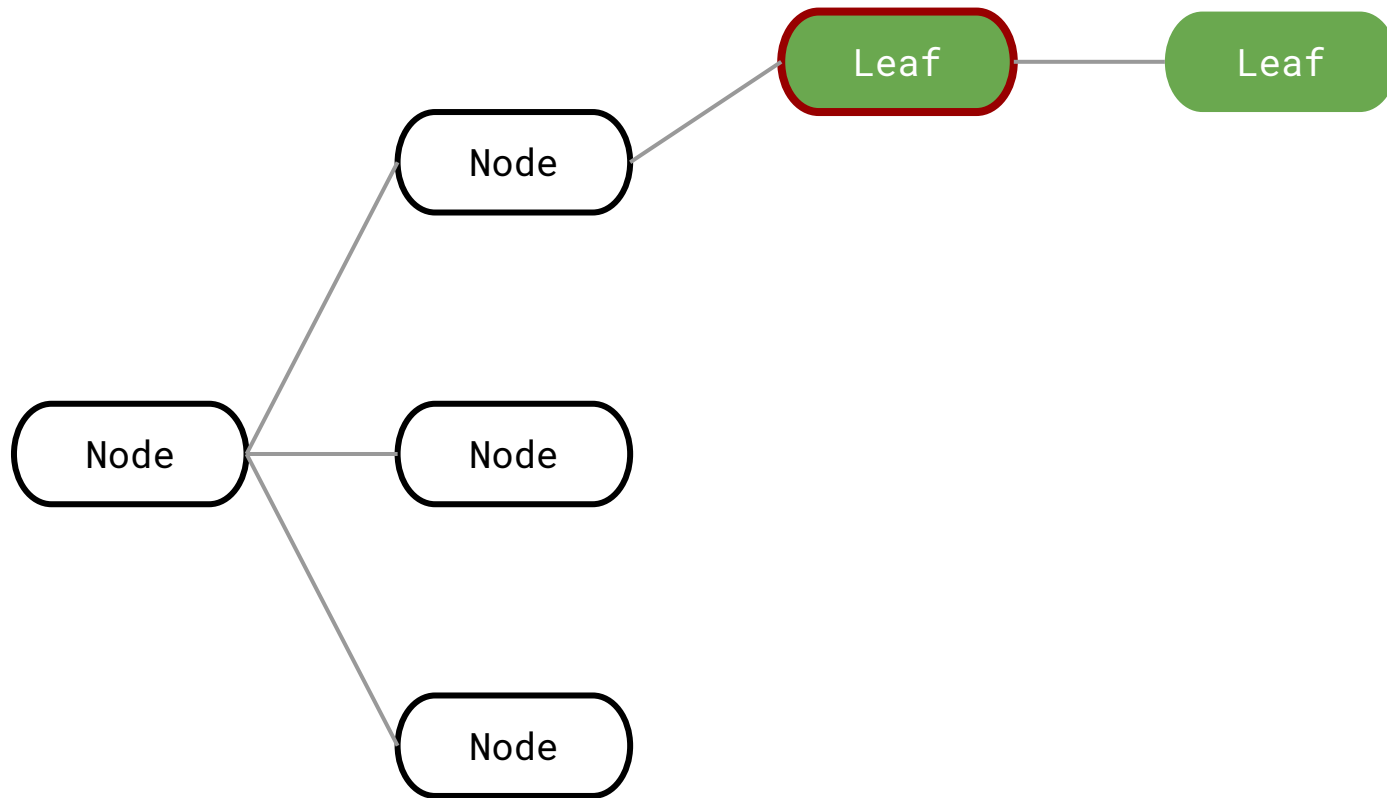


`node.getChildren(cb)`

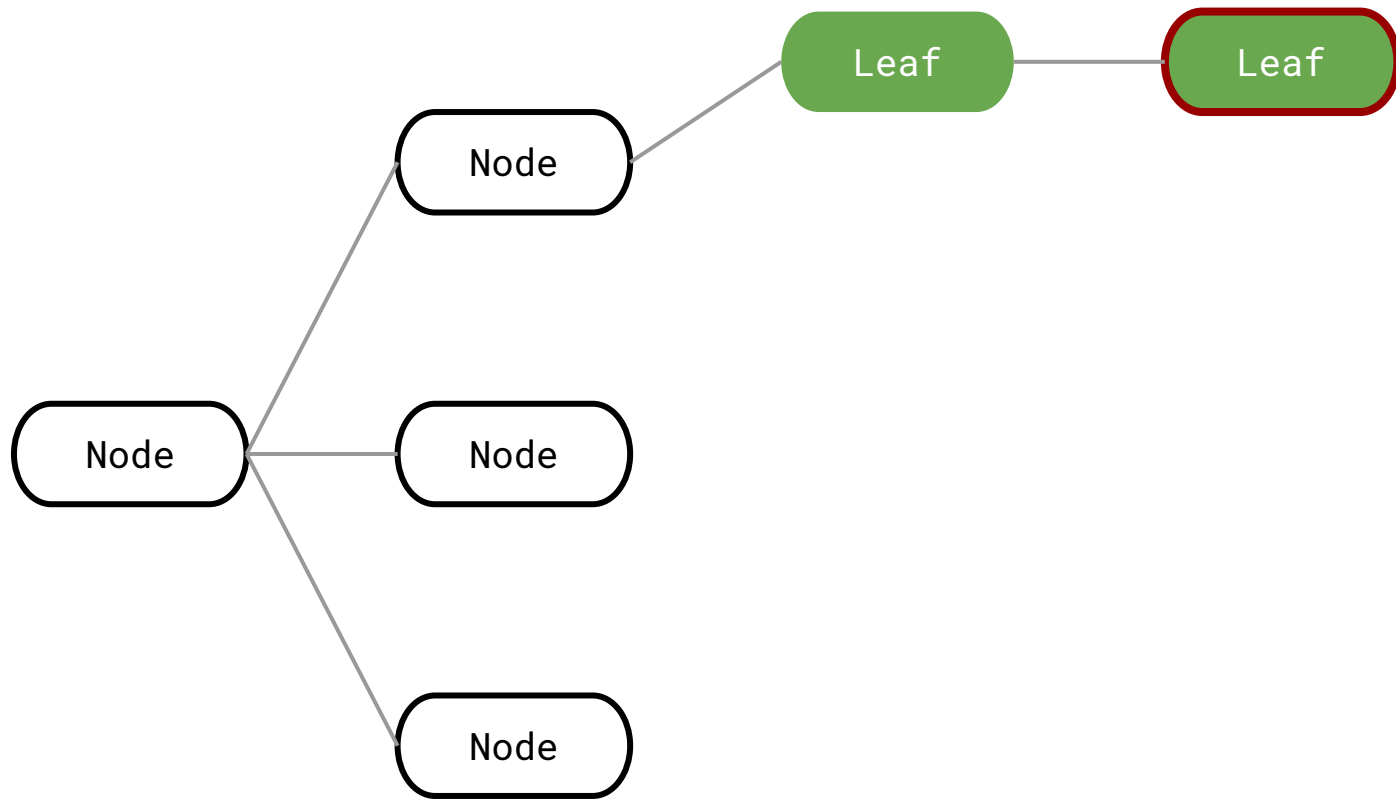


`leaf.isFinalLeaf()`

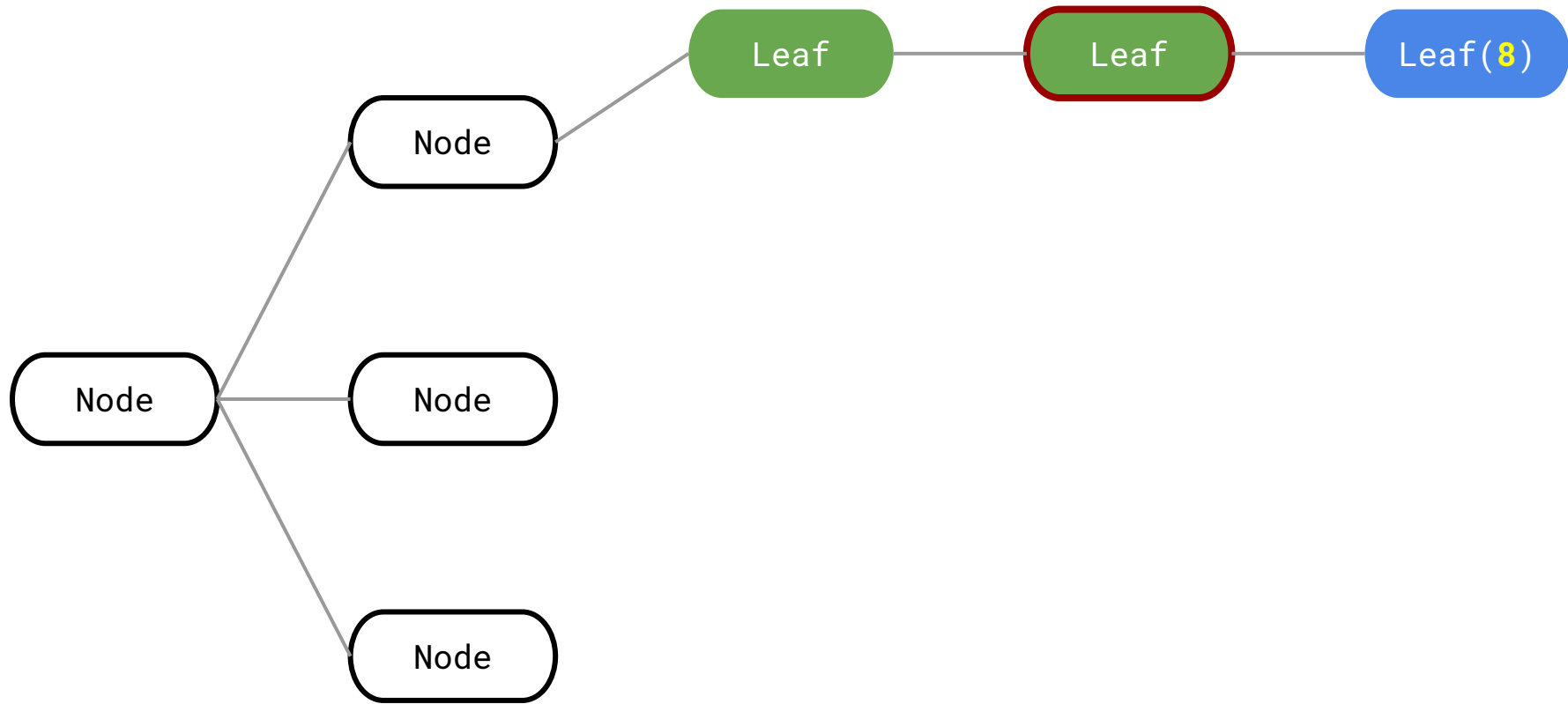




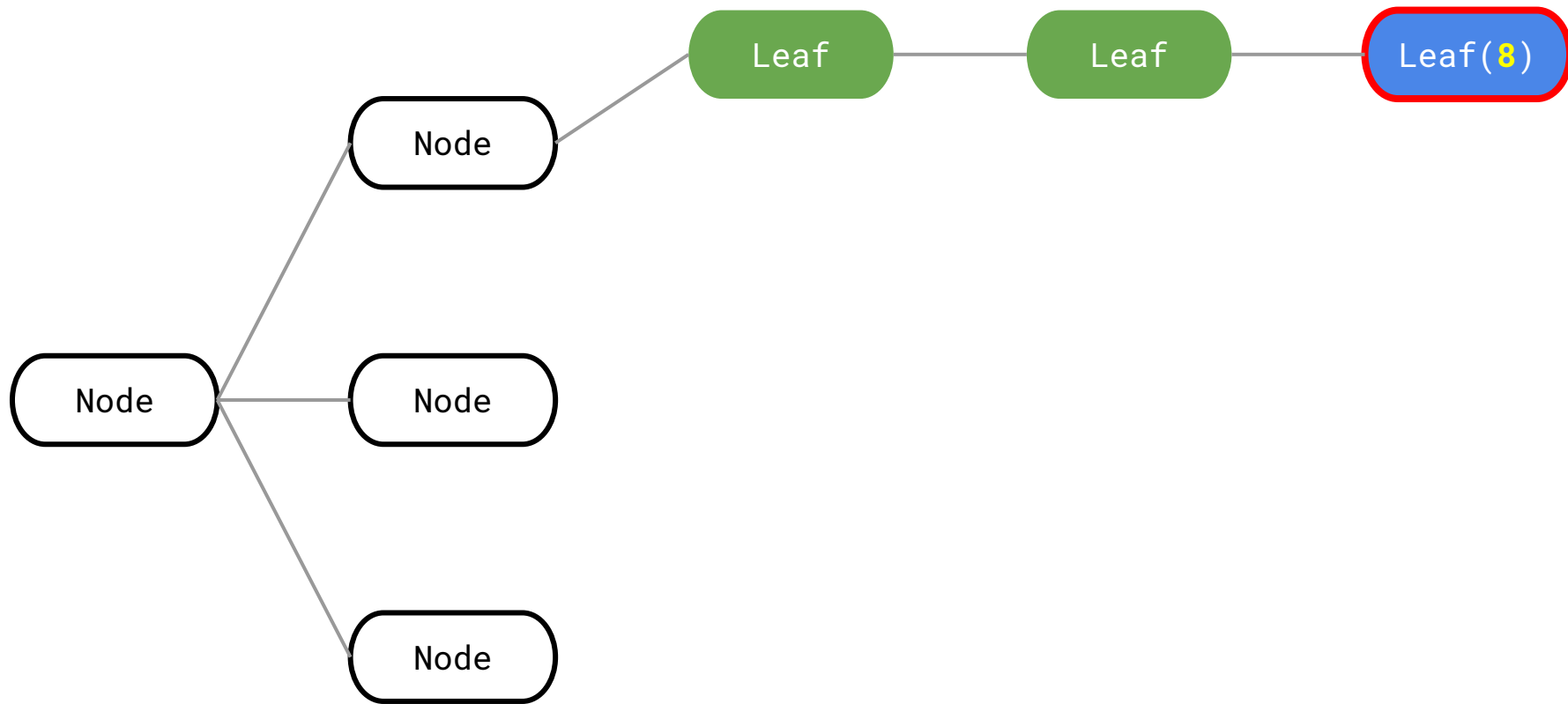
`leaf.getNextLeaf(cb)`



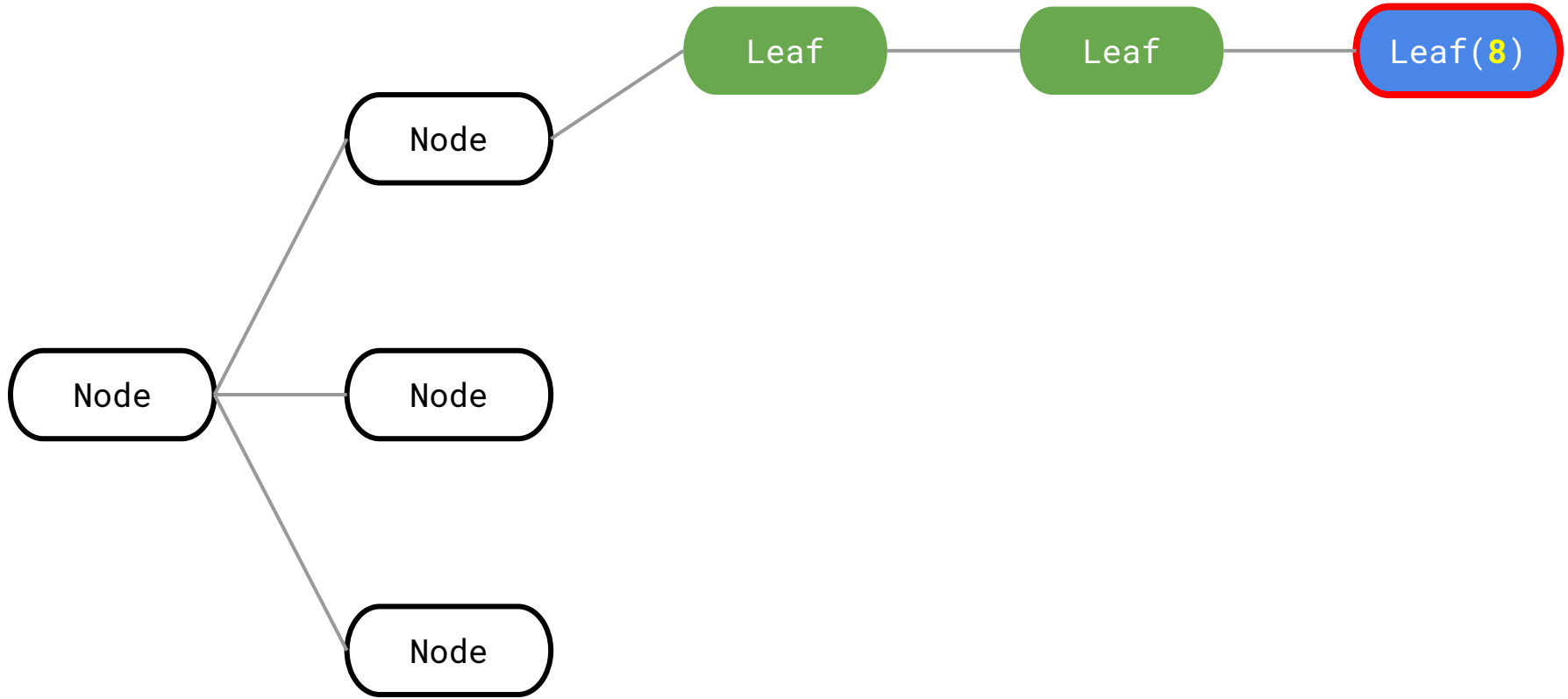
`leaf.isFinalLeaf()`



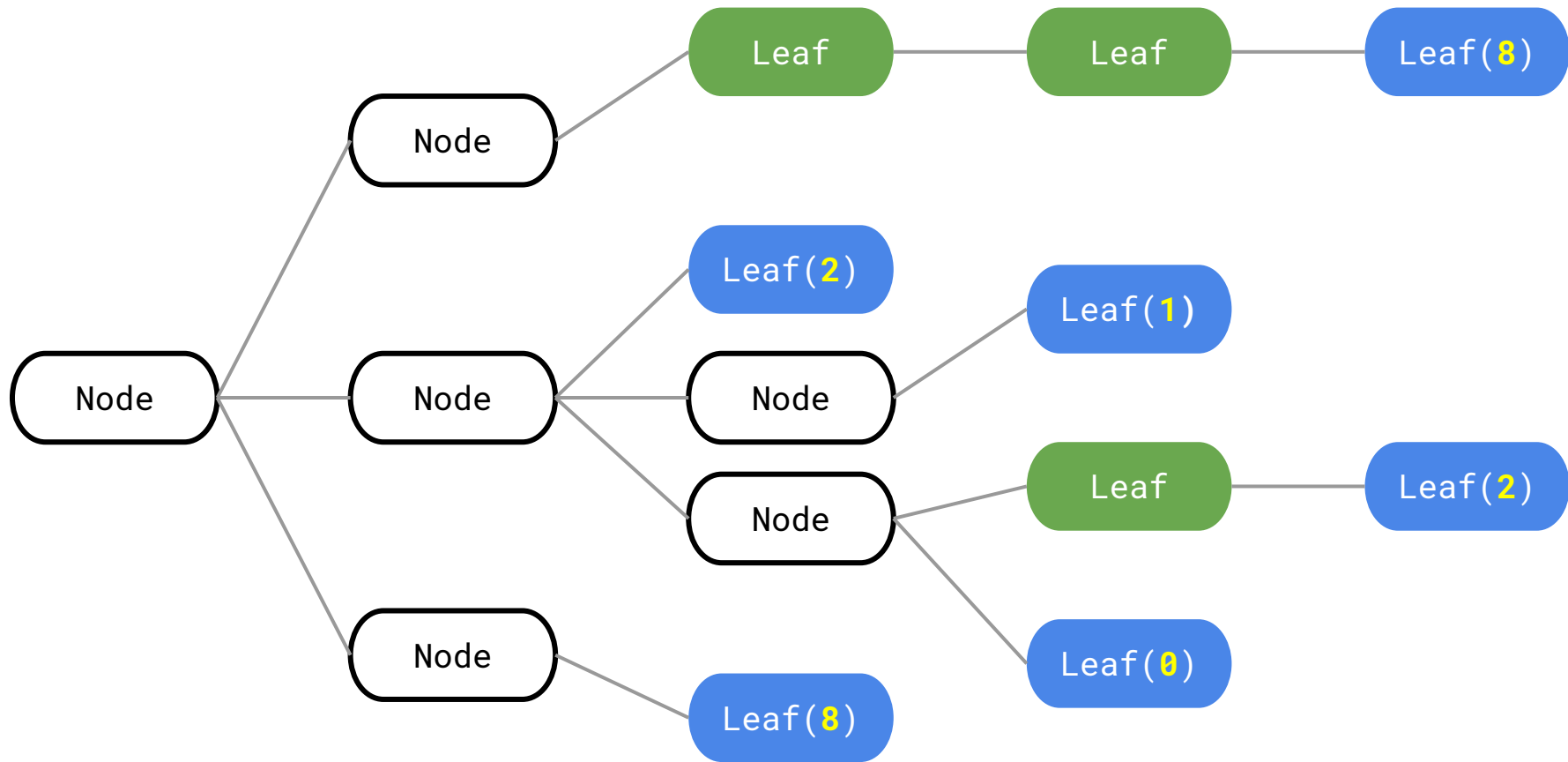
`leaf.getNextLeaf(cb)`



`leaf.isFinalLeaf()`



`leaf.getValue()`



## Ejercicio: callbacks

- Escribe un programa que, empezando por los nodos raíz (**getRootNodes**), recorra **todo el árbol**
- En **profundidad**
- Y **guarde el valor de las hojas finales** en un array

# Una Estructura Asíncrona

- Ahora vamos a **modificar el código del árbol**
- Para añadir **un pequeño delay** en cada llamada asíncrona



```
const delay = fn => (...args) => {  
  setTimeout(() => fn(...args), rand(100));  
}
```

```
class Node {  
  getChildren(cb) {  
    const children = repeat(  
      () => (coin() ? new Node() : new Leaf()),  
      rand(5)  
    );  
    delay(cb)(children);  
  }  
}
```

```
class Leaf {  
    constructor() { this.final = coin(); }  
    isFinalLeaf() { return this.final; }  
    getValue() { return this.final && rand(1000); }  
    getNextLeaf(cb) {  
        delay(cb)(new Leaf());  
    }  
}
```

# Una Estructura Asíncrona

- ¿Cómo afecta el **delay** al tiempo de ejecución de la solución del ejercicio anterior?

# Una Estructura Asíncrona

- Vamos a solucionar el mismo problema con colas
- Vamos a resolver cada **worker** por separado

```
const leafQueue = new Queue((leaf, done) => {  
  if (leaf.isFinalLeaf()) {  
    console.log(leaf.getValue());  
    done();  
  } else {  
    leaf.getNextLeaf((nextLeaf) => {  
      leafQueue.push(nextLeaf);  
      done();  
    });  
  }  
});
```

```
const leafQueue = new Queue((leaf, done) => {  
  if (leaf.isFinalLeaf()) {  
    console.log(leaf.getValue());  
    done();  
  } else {  
    leaf.getNextLeaf((nextLeaf) => {  
      leafQueue.push(nextLeaf);  
      done();  
    });  
  }  
});
```

```
const leafQueue = new Queue((leaf, done) => {  
  if (leaf.isFinalLeaf()) {  
    console.log(leaf.getValue());  
    done();  
  } else {  
    leaf.getNextLeaf((nextLeaf) => {  
      leafQueue.push(nextLeaf);  
      done();  
    });  
  }  
});
```



```
const leafQueue = new Queue((leaf, done) => {  
  if (leaf.isFinalLeaf()) {  
    console.log(leaf.getValue());  
    done();  
  } else {  
    leaf.getNextLeaf((nextLeaf) => {  
      leafQueue.push(nextLeaf);  
      done();  
    });  
  }  
});
```

```
const nodeQueue = new Queue((node, done) => {  
  node.getChildren((children) => {  
    children.forEach((item) => {  
      if (item instanceof Leaf) leafQueue.push(item);  
      else nodeQueue.push(item);  
    });  
    done();  
  });  
});
```

```
const nodeQueue = new Queue((node, done) => {  
  node.getChildren((children) => {  
    children.forEach((item) => {  
      if (item instanceof Leaf) leafQueue.push(item);  
      else nodeQueue.push(item);  
    });  
    done();  
  });  
});
```

```
const nodeQueue = new Queue((node, done) => {  
  node.getChildren((children) => {  
    children.forEach((item) => {  
      if (item instanceof Leaf) leafQueue.push(item);  
      else nodeQueue.push(item);  
    });  
    done();  
  });  
});
```

```
const nodeQueue = new Queue((node, done) => {  
  node.getChildren((children) => {  
    children.forEach((item) => {  
      if (item instanceof Leaf) leafQueue.push(item);  
      else nodeQueue.push(item);  
    });  
    done();  
  });  
});
```

```
const nodeQueue = new Queue((node, done) => {  
  node.getChildren((children) => {  
    children.forEach((item) => {  
      if (item instanceof Leaf) leafQueue.push(item);  
      else nodeQueue.push(item);  
    });  
    done();  
  });  
});
```

```
getRootNodes(nodes => nodes.forEach(n => nodeQueue.push(n)));
```

```
getRootNodes(nodes => nodes.forEach(n => nodeQueue.push(n)));
```



# Una Estructura Asíncrona

- Vamos a ver otro enfoque
- Con las colas **desacopladas**
- Un ejemplo de cómo podemos **componer colas**

```
const leafQueue = new Queue((leaf, done) => {  
  if (leaf.isFinalLeaf()) return done(leaf.getValue());  
  else leaf.getNextLeaf((nextLeaf) => {  
    leafQueue.push(nextLeaf);  
    done(null);  
  });  
});
```

```
const nodeQueue = new Queue((node, done) => {  
  node.getChildren(children => done(children));  
});
```

```
const leafQueue = new Queue((leaf, done) => {  
  if (leaf.isFinalLeaf()) return done(leaf.getValue());  
  else leaf.getNextLeaf((nextLeaf) => {  
    leafQueue.push(nextLeaf);  
    done(null);  
  });  
});
```

```
const nodeQueue = new Queue((node, done) => {  
  node.getChildren(children => done(children));  
});
```

```
function pushItem(item) {  
  if (item instanceof Node)  
    nodeQueue.push(item, children => children.forEach(pushItem));  
  else  
    leafQueue.push(item, value => value && console.log(value));  
}  
  
getRootNodes(nodes => nodes.forEach(n => nodeQueue.push(n)));
```

```
function pushItem(item) {  
  if (item instanceof Node)  
    nodeQueue.push(item, children => children.forEach(pushItem));  
  else  
    leafQueue.push(item, value => value && console.log(value));  
}
```

```
getRootNodes(nodes => nodes.forEach(n => nodeQueue.push(n)));
```

# Ejercicio: Queues

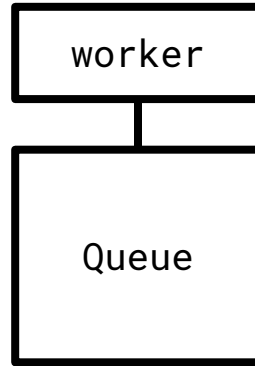
- Implementa la clase **Queue**
- Extiende **Observable**
- Procesa los **payloads de uno en uno**
- Guarda en **una cola** los payloads pendientes
- Haz que el código de las diapositivas anteriores funcione correctamente

```
class Queue extends Observable {  
    constructor(worker, concurrency = 1) {  
    }  
    push(payload, cb) {  
    }  
    isEmpty() {  
    }  
    _enqueueNextWorker() {  
    }  
}
```

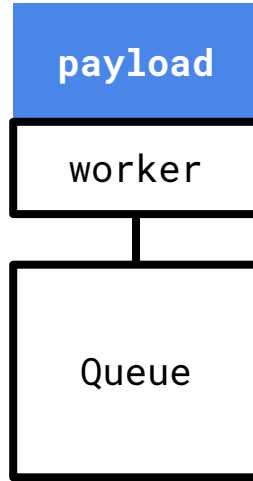
# Queues

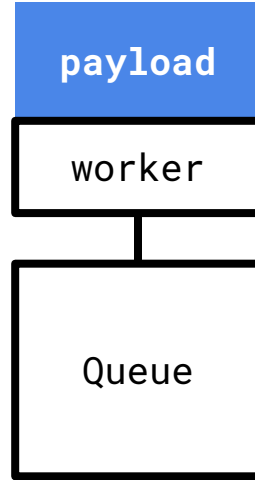
- La ventaja fundamental de las colas es que podemos **controlar la concurrencia de cada etapa**
- Podemos ejecutar **múltiples** procesos de **I/O** en **paralelo**

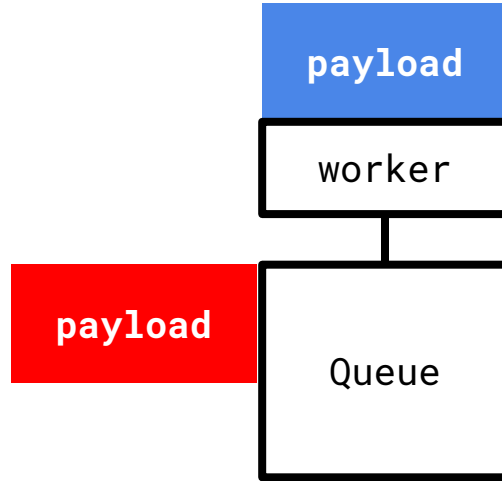


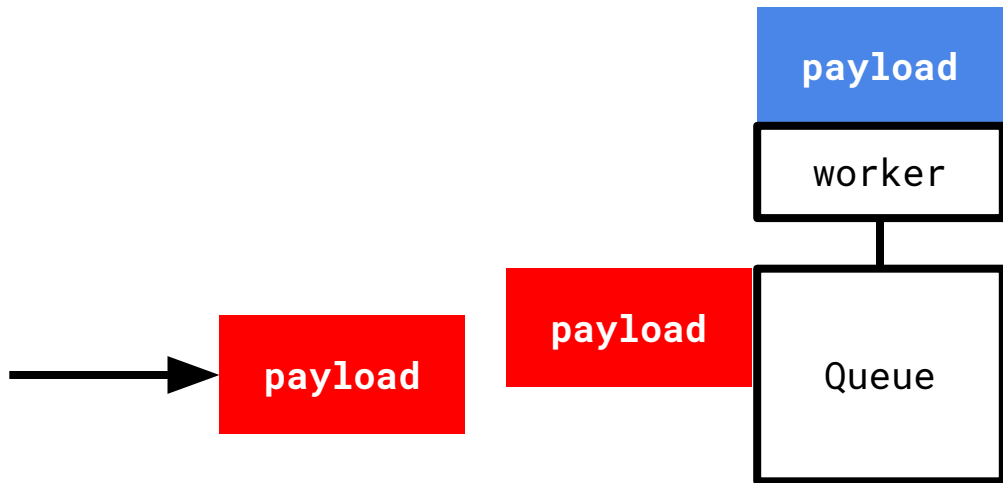


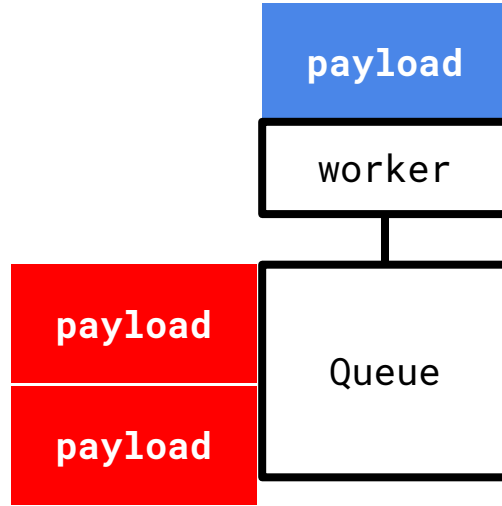


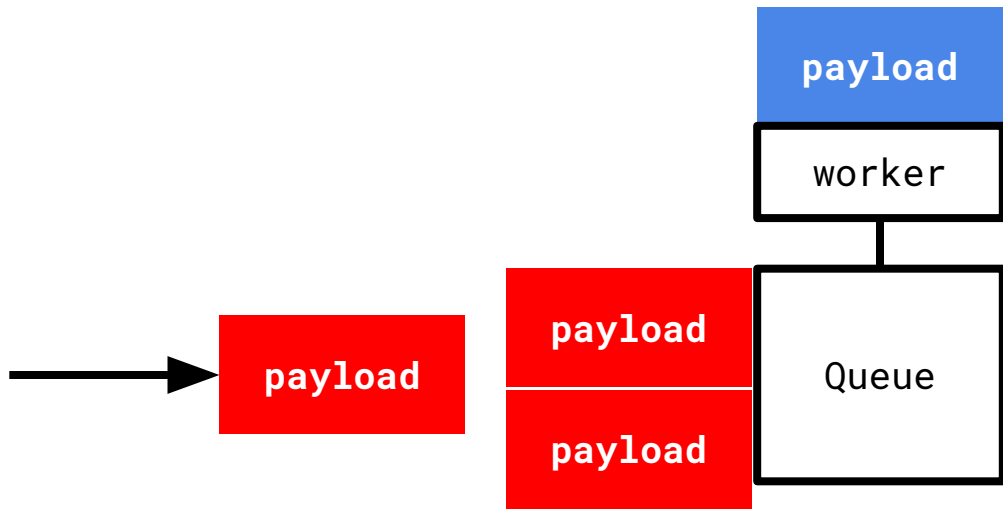




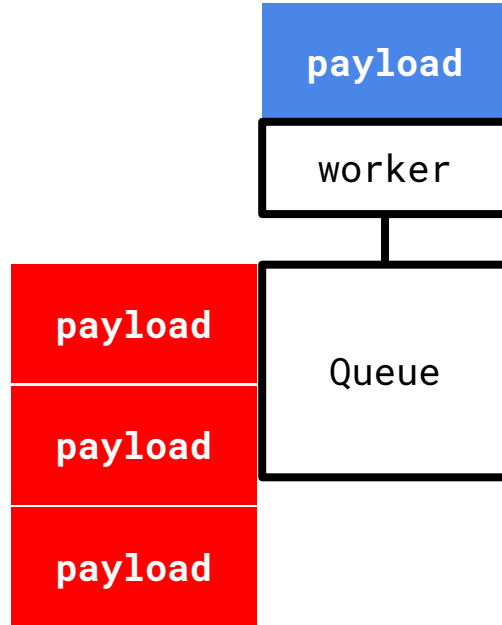


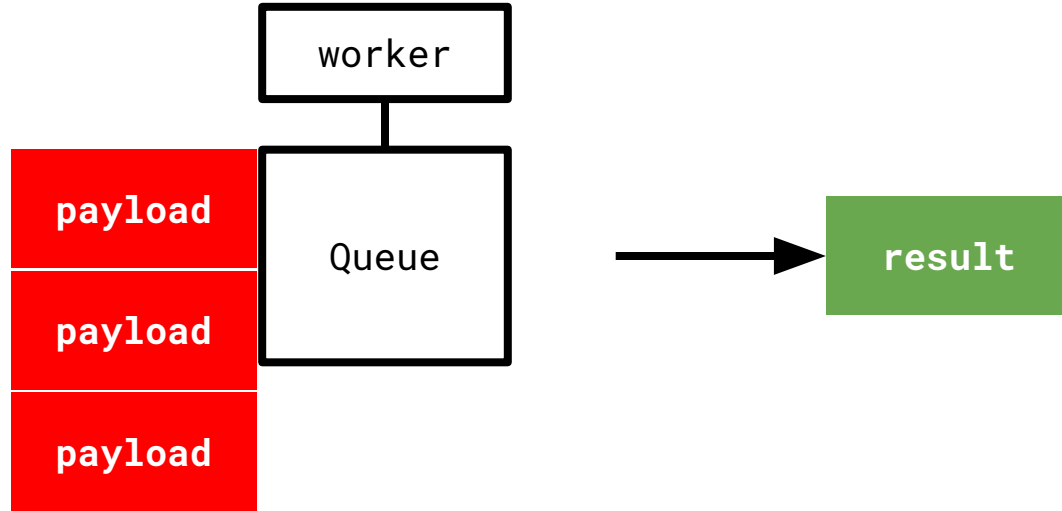


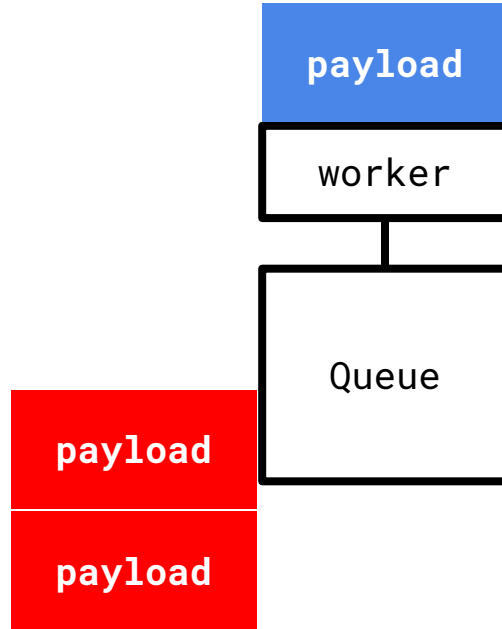


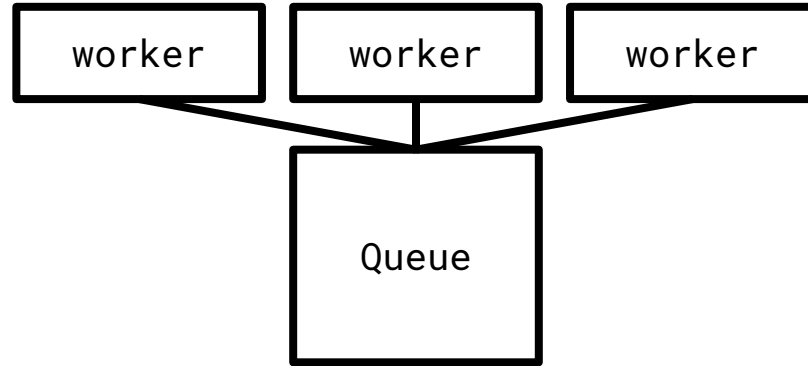


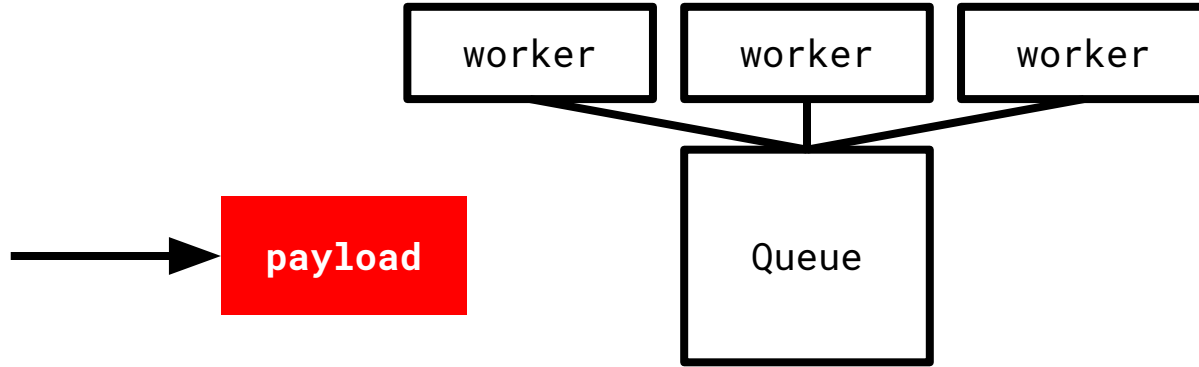


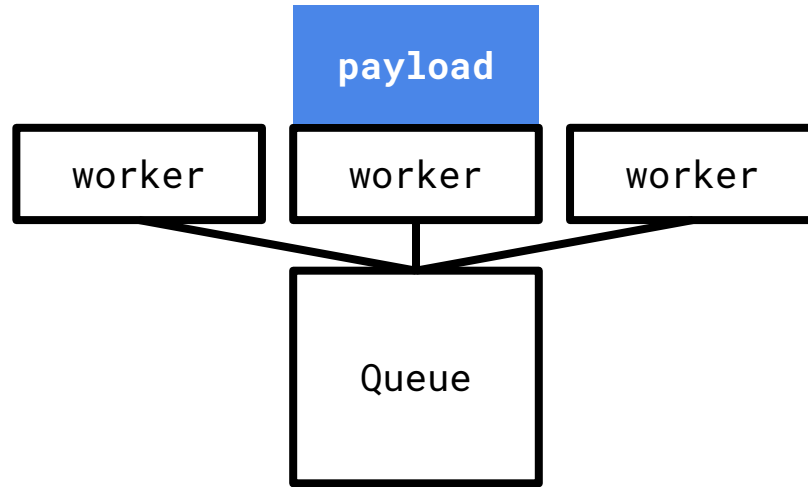


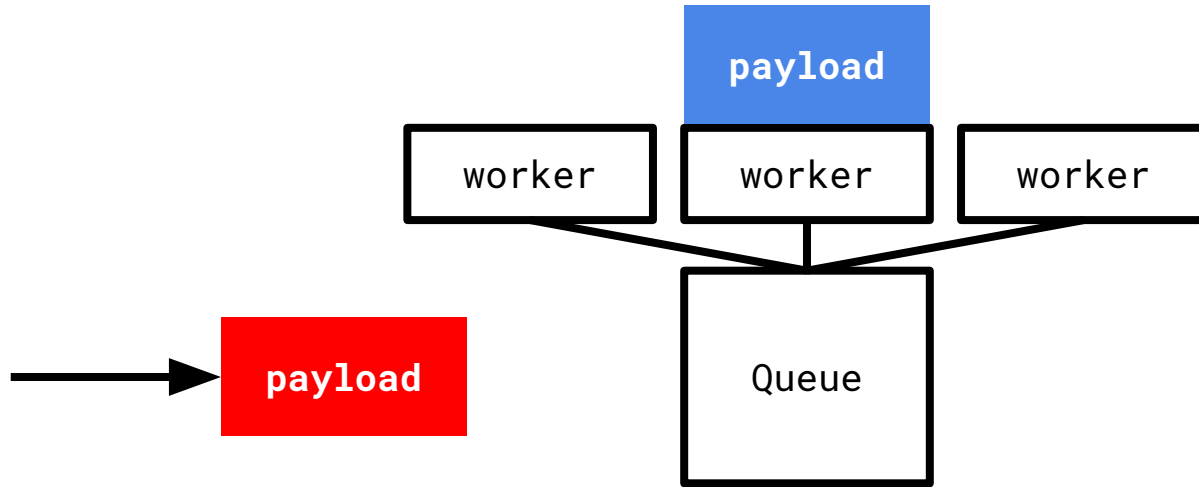


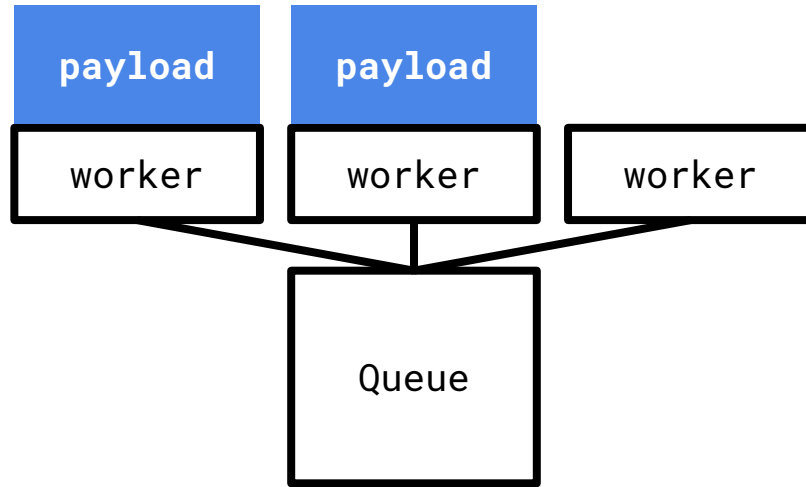




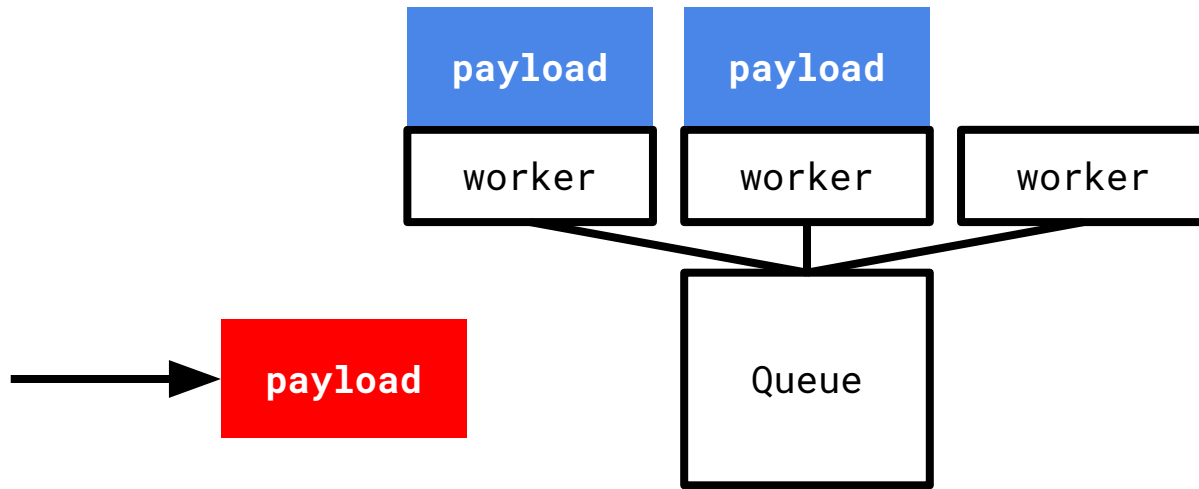


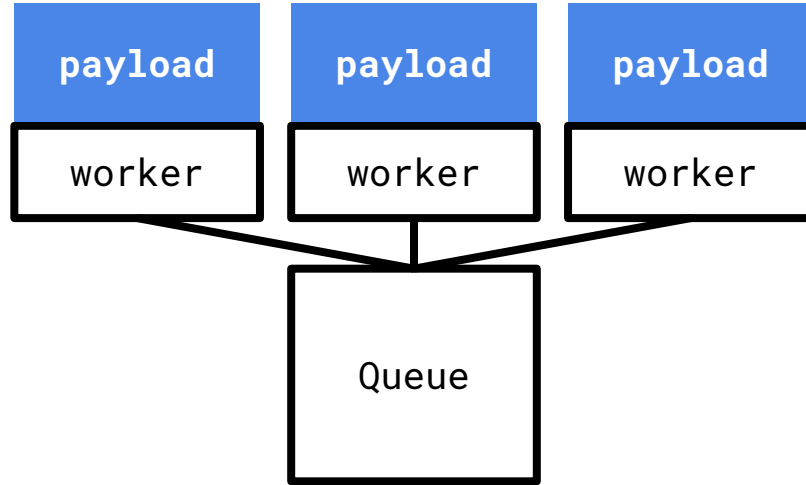


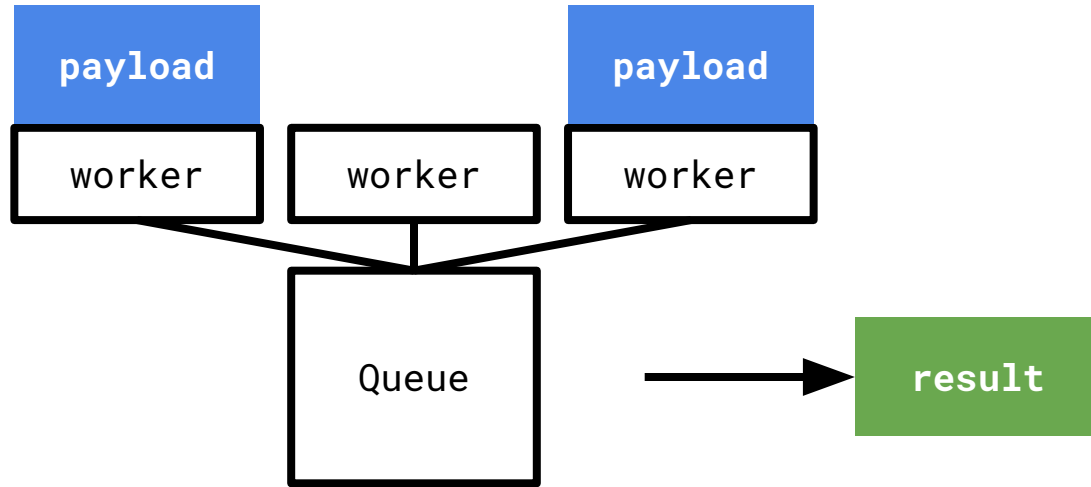


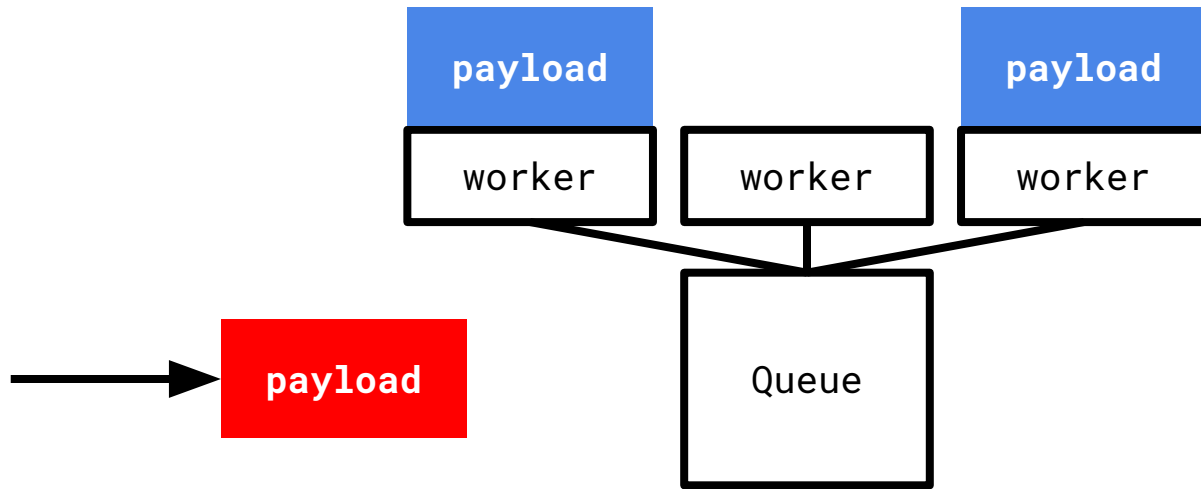


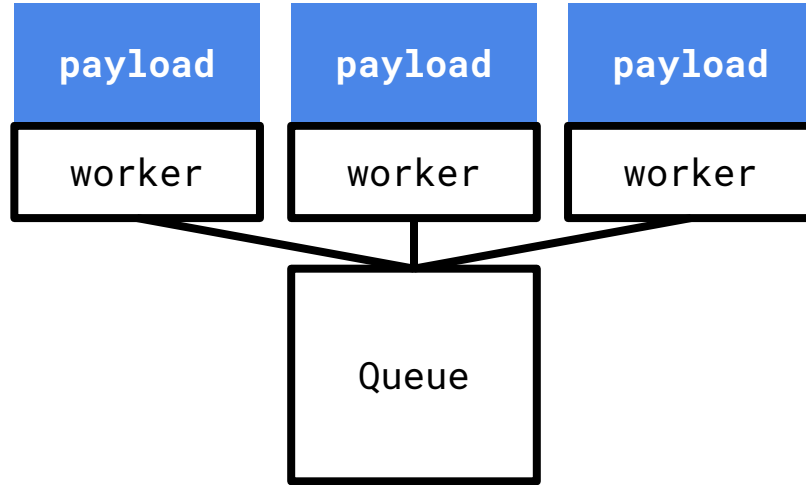












```
const leafQueue = new Queue((leaf, done) => {  
  if (leaf.isFinalLeaf()) return done(leaf.getValue());  
  else leaf.getNextLeaf((nextLeaf) => {  
    leafQueue.push(nextLeaf);  
    done(null);  
  });  
}, 10);
```

```
const nodeQueue = new Queue((node, done) => {  
  node.getChildren(children => done(children));  
}, 10);
```

```
const leafQueue = new Queue((leaf, done) => {  
  if (leaf.isFinalLeaf()) return done(leaf.getValue());  
  else leaf.getNextLeaf((nextLeaf) => {  
    leafQueue.push(nextLeaf);  
    done(null);  
  });  
}, 10);
```

```
const nodeQueue = new Queue((node, done) => {  
  node.getChildren(children => done(children));  
}, 10);
```

# Ejercicio: Queues

- Modifica la implementación de Queue para introducir **concurrency**
- Observa como aumenta la velocidad de ejecución!



# Queues

- En el ejemplo estamos **logueando** el valor de las hojas
- ¿Cómo podríamos guardarlo en un array y mostrarlo...
- **...cuando el proceso haya terminado?**

# Queues

- `allDrain([q1, q2, ...], callback)`
  - Ejecuta **callback**
  - Cuando **todas** las colas se hayan vaciado

```
const leafs = [];  
  
function pushItem(item) {  
  if (item instanceof Node)  
    nodeQueue.push(item, children => children.forEach(pushItem));  
  else  
    leafQueue.push(item, value => { if (value) leafs.push(value); });  
}  
  
getRootNodes(nodes => nodes.forEach(n => pushItem(n)));  
  
allDrain([leafQueue, nodeQueue], () => console.log(leafs));
```

# Ejercicio: Queues

- Implementa la función **allDrain**