



Bahasa C++: Keyword "virtual"

IF2210 – Semester II 2024/2025

Keyword virtual di C++

- › Keyword `virtual` memiliki dua kegunaan:
 - › *Specifier* untuk method
 - › *Specifier* untuk kelas dasar (*base class*)

Keyword *virtual* sebagai *specifier* untuk method

Virtual method

- › Virtual method adalah method yang perilakunya dapat di-override oleh *derived class*.
- › Jika objek dari *derived class* ditangani dengan ptr atau ref, maka pemanggilan method akan menginvokasi perilaku hasil *override*. (ingat kembali *polymorphism*)
- › Invokasi perilaku method asli (milik *base class*) dapat dilakukan dengan menggunakan scope (::) *base class*.
- › Jika method tidak virtual, pemanggilan method pada *derived class* akan menginvokasi perilaku milik *base class*.

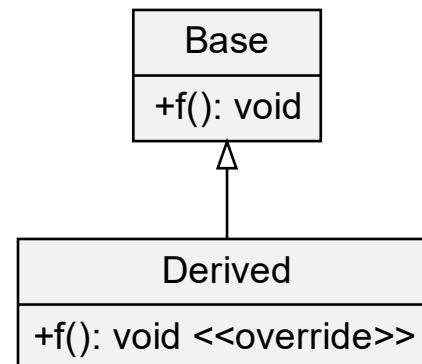
```

#include <iostream>

class Base {
    virtual void f() {
        std::cout << "base\n";
    }
};

class Derived: Base {
    void f() override { // keyword 'override' tidak wajib
        std::cout << "derived\n";
    }
};

```



Notasi pada kuliah ini:
diagram kelas (UML)
yang dimodifikasi untuk
memudahkan ilustrasi
(jangan ditiru)

```
int main() {
    Base b;
    Derived d;

    // non-ptr, non-ref: non-virtual function call
    Base b1 = b;      // the type of b1 is Base
    Base d1 = d;      // the type of d1 is Base as well
    b1.f();           // prints "base"
    d1.f();           // prints "base" as well

    // virtual function call through reference
    Base& br = b;    // the type of br is Base&
    Base& dr = d;    // the type of dr is Base& as well
    br.f();           // prints "base"
    dr.f();           // prints "derived"

    // virtual function call through pointer
    Base* bp = &b;   // the type of bp is Base*
    Base* dp = &d;   // the type of dp is Base* as well
    bp->f();         // prints "base"
    dp->f();         // prints "derived"

    // non-virtual function call
    br.Base::f();    // prints "base"
    dr.Base::f();    // prints "base"
}
```

In detail... (1)

- › Jika:
 - › method **f** dideklarasikan sebagai **virtual** di kelas **Base**,
 - › terdapat kelas **Derived**, yang diturunkan (langsung maupun tidak) dari kelas **Base**, memiliki deklarasi method dengan kesamaan: **nama**, **signature**, **cv-qualifiers**, dan **ref-qualifiers**,
- › maka method tsb. di kelas **Derived**:
 - › juga bersifat **virtual** (meski tanpa **keyword virtual**), dan
 - › meng-**override** **Base**::**f** (meski tanpa **keyword override**)

In detail... (2)

- › Base::f tidak perlu *visible* (dapat dideklarasikan **private**, atau diwariskan dengan mode akses **private**) untuk bisa di-*override*.

```
class B {
private:
    virtual void do_f(); // private member
public:
    void f() { do_f(); } // public interface
};

class D: public B {
public:
    void do_f() override; // overrides B::do_f
};

int main() {
    D d;
    B* bp = &d;
    bp->f(); // internally calls D::do_f();
}
```

Final overrider

- › *Final overrider* adalah method **sebenarnya** yang dieksekusi saat *run-time* ketika method virtual dipanggil.
 - › Saat *compile-time*, *compiler* tidak tahu implementasi mana yang akan dieksekusi
- › Method virtual *f* milik kelas *Base* adalah *final overrider* kecuali kelas turunannya mendeklarasikan atau mewariskan method lain yang meng-*override* *f*.

```

struct A { virtual void f(); };      /* A::f is virtual           */
struct B: A { void f(); };          /* B::f overrides A::f in B */
struct C: virtual B { void f(); }; /* C::f overrides A::f in C */
struct D: virtual B {};            /* D does not introduce an overrider,
                                         B::f is final in D */
struct E: C, D {                  /* E does not introduce an overrider,
                                         C::f is final in E */
    using A::f; /* not a function declaration,
                   just makes A::f visible to lookup */
};

int main() {
    E e;
    e.f(); /* virtual call calls C::f, the final overrider in e */
    e.E::f(); /* non-virtual call calls A::f, which is visible in E */
}

// struct = class dengan hak akses member default adalah public

```

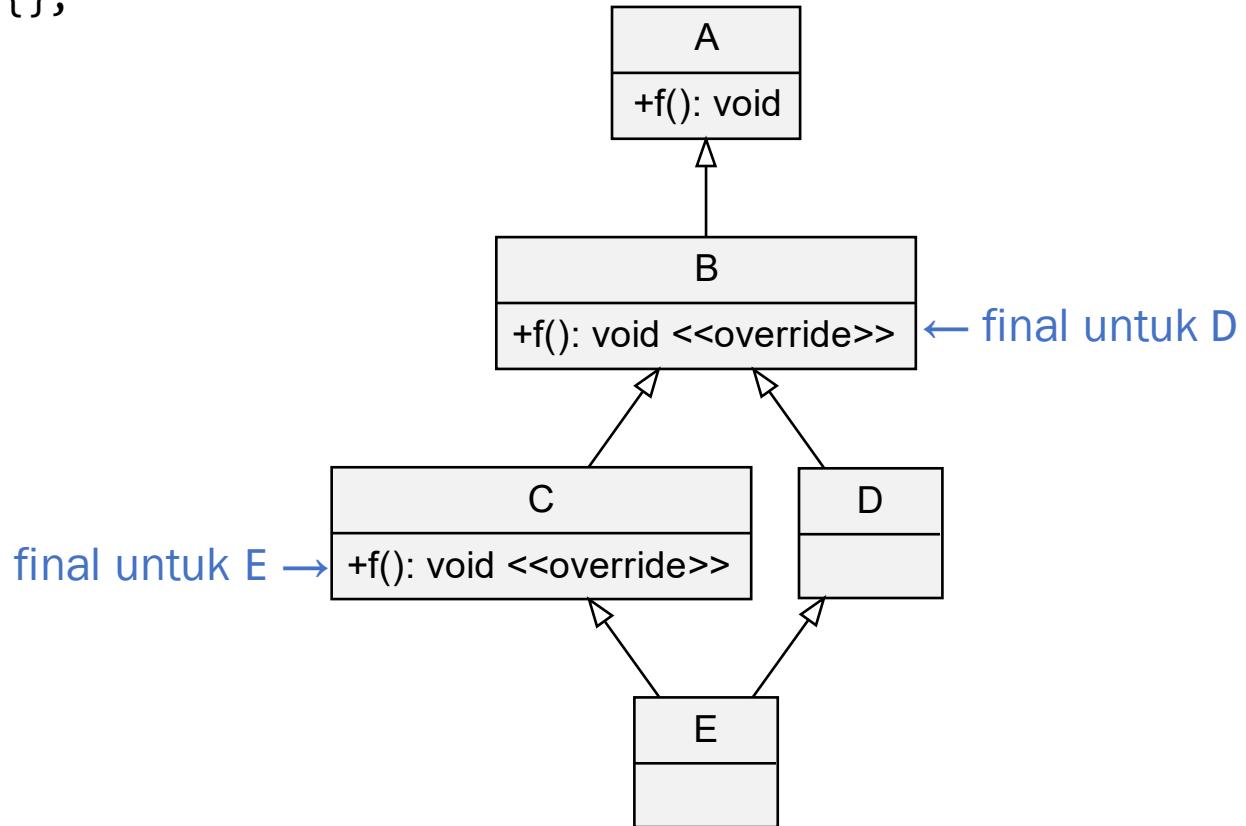
```

struct A { virtual void f(); };
struct B: A { void f(); };
struct C: virtual B { void f(); };
struct D: virtual B {};

struct E: C, D {
    using A::f;
};

int main() {
    E e;
    e.f();
    e.E::f();
}

```



Final overrider: conflict

```
struct A {
    virtual void f();
};

struct VB1: virtual A {
    void f(); // overrides A::f
};

struct VB2: virtual A {
    void f(); // overrides A::f
};

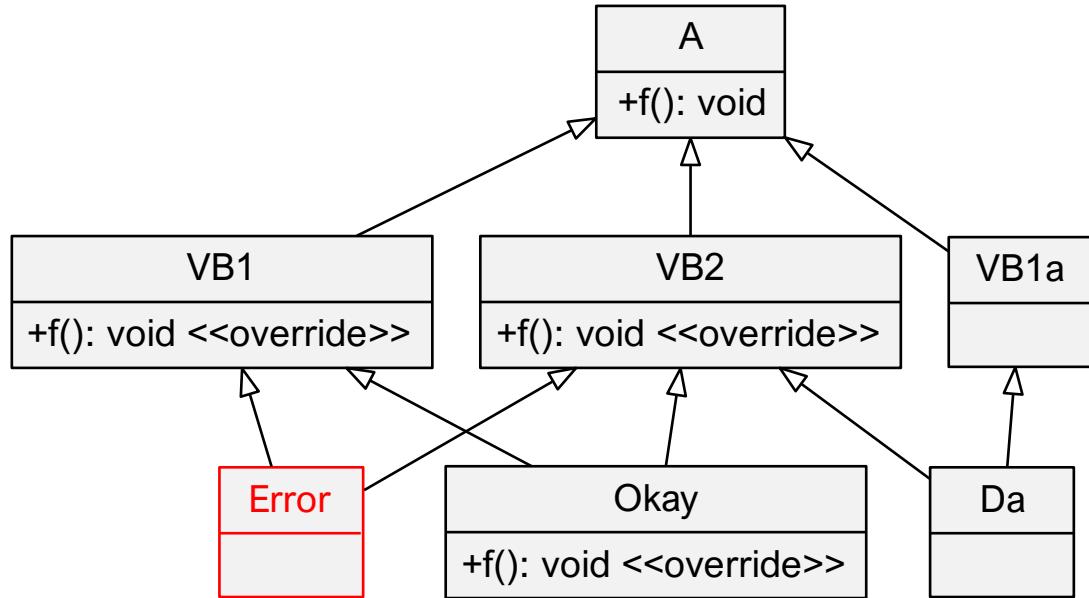
// struct Error: VB1, VB2 {
//     // Error: A::f has two final overriders in Error
// };

struct Okay: VB1, VB2 {
    void f(); // OK: this is the final overrider for A::f
};

struct VB1a: virtual A {}; // does not declare an overrider
struct Da: VB1a, VB2 {
    // in Da, the final overrider of A::f is VB2::f
};
```

Final overrider: conflict

```
struct A {  
    virtual void f();  
};  
struct VB1: virtual A {  
    void f();  
};  
struct VB2: virtual A {  
    void f();  
};  
// struct Error: VB1, VB2 {  
//  
// };  
struct Okay: VB1, VB2 {  
    void f();  
};  
struct VB1a: virtual A {};  
struct Da: VB1a, VB2 {  
  
};
```



Hiding virtual function

- Method dengan nama yang sama tapi memiliki signature yang berbeda tidak meng-override method kelas dasar, tapi menyembunyikannya.

```

struct B {
    virtual void f();
};

struct D: B {
    void f(int) // D::f hides B::f (wrong parameter list)
};

struct D2: D {
    void f(); // D2::f overrides B::f (doesn't matter that it's not visible)
};

int main() {

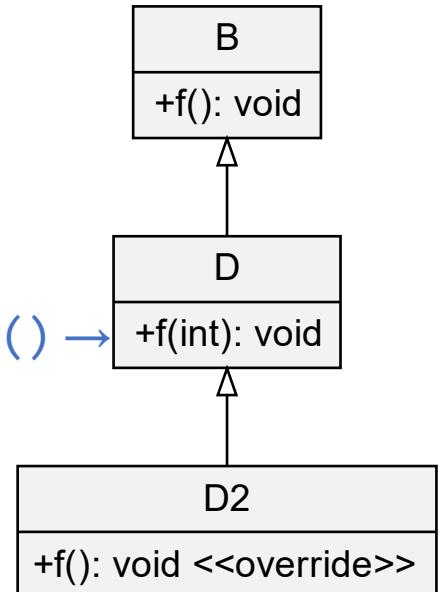
    B b;    B& b_as_b = b;
    D d;    B& d_as_b = d;    D& d_as_d = d;
    D2 d2; B& d2_as_b = d2;    D& d2_as_d = d2;

    b_as_b.f(); // calls B::f()
    d_as_b.f(); // calls B::f()
    d2_as_b.f(); // calls D2::f()

    d_as_d.f(); // Error: lookup in D finds only f(int)
    d2_as_d.f(); // Error: lookup in D finds only f(int)
}

```

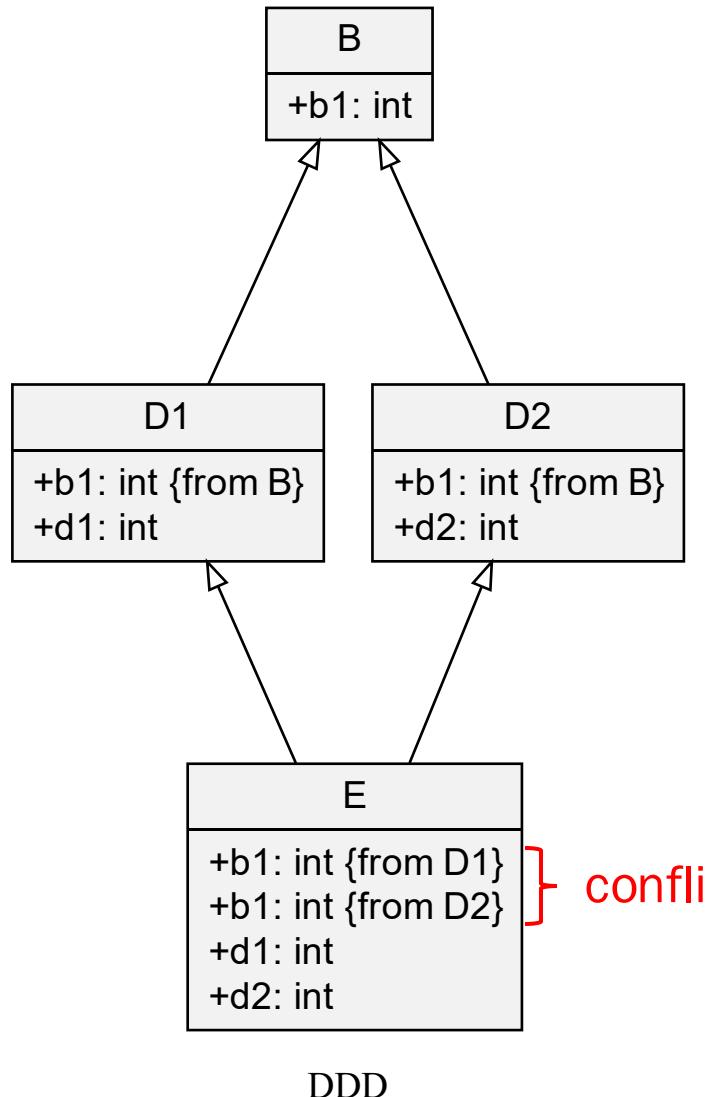
Menyembunyikan B::f() →



Keyword virtual sebagai *specifier* kelas dasar

Mengingat kembali: *inheritance* & DDD

- › Jika D turunan dari B, maka D mempunyai seluruh anggota B ditambah anggota D sendiri. Contoh:
 - › Jika B memiliki anggota b1,
 - › ... dan D1 adalah turunan B dengan tambahan anggota d1, maka D1 memiliki anggota: b1 dan d1.
 - › ... dan D2 adalah turunan B dengan tambahan anggota d2, maka D2 memiliki anggota: b1 dan d2.
 - › Jika E adalah turunan dari D1 dan D2, maka E memiliki anggota: (dari D1) **b1**, d1, (dari D2) **b1**, dan d2 → DDD.

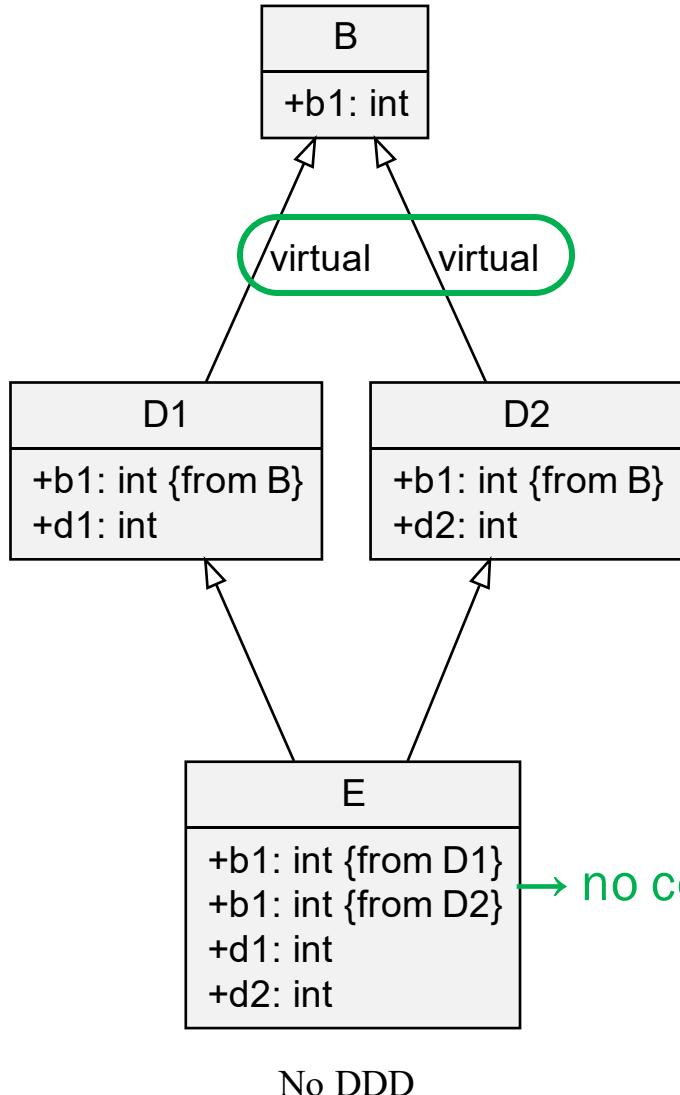


```

E e;
e.b1 = 1;      // error
e.B::b1 = 2;   // error
e.D1::b1 = 3; // ok
e.D2::b1 = 4; // ok
  
```

Kelas dasar virtual

- › Kelas dasar virtual menghindari terjadinya DDD:
- › Untuk setiap *base class* yang diturunkan secara virtual, kelas turunan level berikutnya hanya memiliki satu subobjek dari kelas tersebut.
- › Pada contoh sebelumnya, D1 dan D2 harus diturunkan secara virtual dari B
- › Sintaks: `class D1: virtual public B { ... };`
atau `class D1: public virtual B { ... };`
(sama saja)



E2 e;
`e.b1 = 1; // ok`
`e.B::b1 = 2; // ok`
`e.D1::b1 = 3; // ok`
`e.D2::b1 = 4; // ok`
`// all calls access the same b1`

Contoh lain...

```
struct B { int n; };
class X: public virtual B {};
class Y: virtual public B {};
class Z: public B {};

struct AA: X, Y, Z {
    // every object of type AA has one X, one Y, one Z, and two B's:
    // one that is the base of Z and one that is shared by X and Y
    AA() {
        X::n = 1; // modifies the virtual B subobject's member
        Y::n = 2; // modifies the same virtual B subobject's member
        Z::n = 3; // modifies the non-virtual B subobject's member
        std::cout << X::n << Y::n << Z::n << '\n'; // prints 223
    }
};
```

Contoh lain...

```
struct B { int n; };
class X: public virtual B {};
class Y: virtual public B {};
class Z: public B {};
```

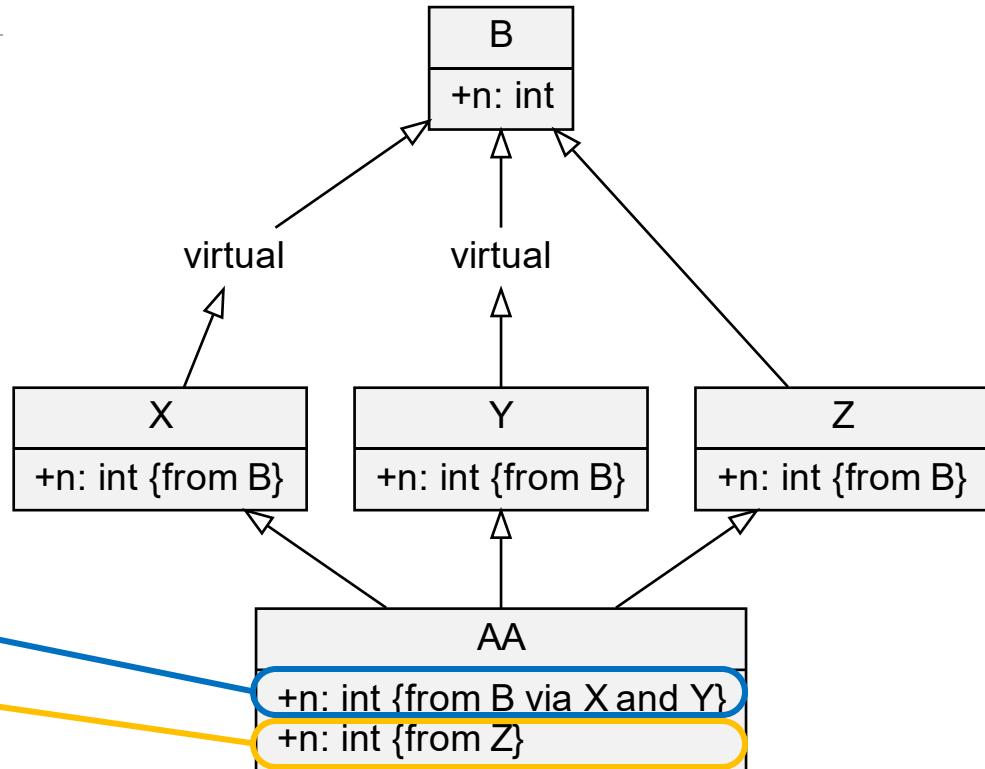
```
struct AA: X, Y, Z {
```

```
AA() {
```

```
    X::n = 1;
    Y::n = 2;
    Z::n = 3;
```

```
};
```

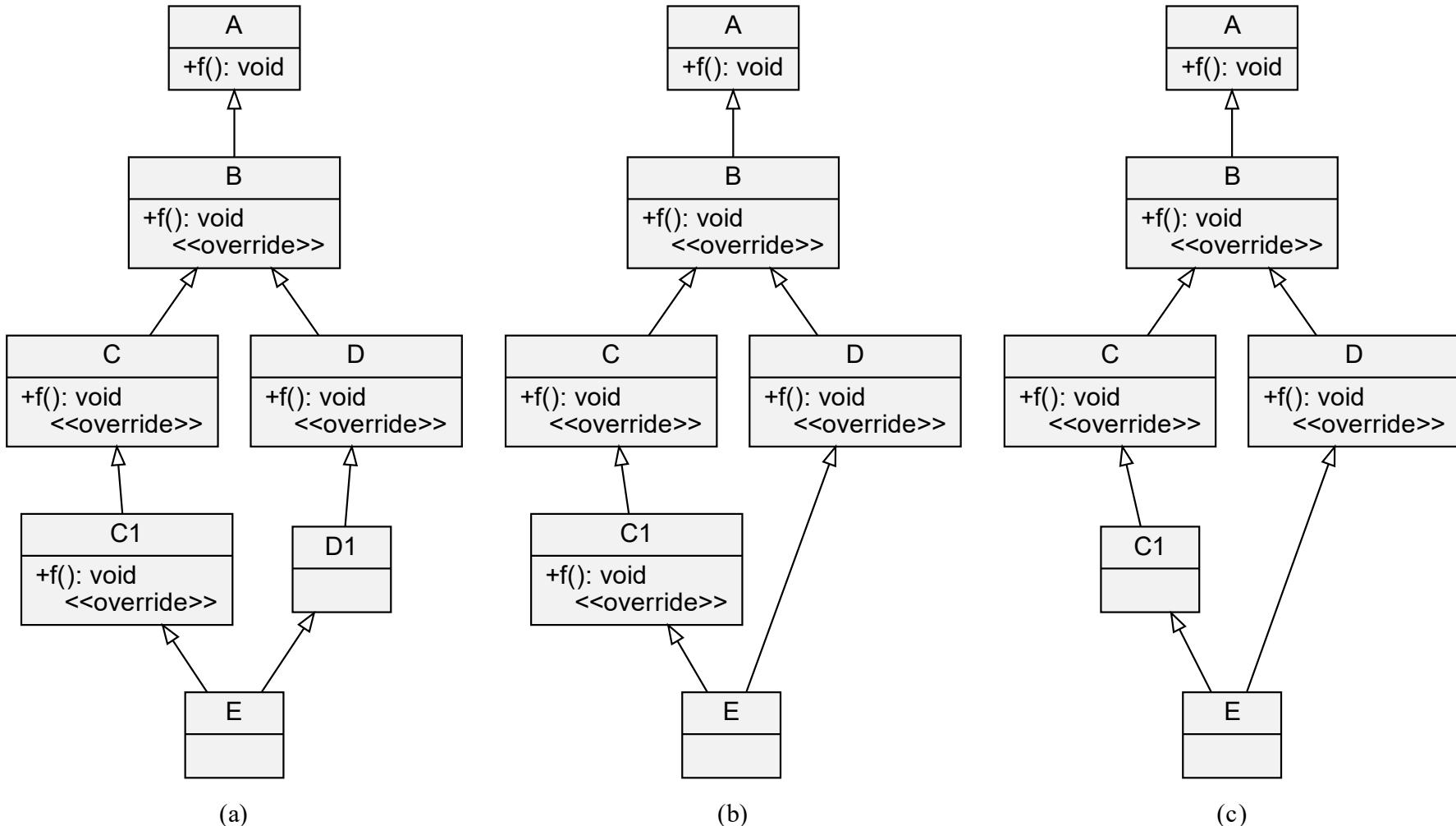
```
std::cout << X::n << Y::n << Z::n << '\n';
```



Latihan

Method `f()` mana yang menjadi *final override* di kelas E pada hierarki-hierarki berikut? Apakah terjadi konflik?

[asumsi `A::f()` adalah *virtual*]



Sumber

- › www.cppreference.com