Capítulo 3: Modelo Relacional

- Estrutura das Bases de Dados Relacionais
- Redução a tabelas de um Esquema ER
- Álgebra Relacional
- Operações Estendidas da Álgebra Relacional
- Modificação da Base de Dados
- Vistas

Modelo Relacional

- Os modelos ER ajudam na modelação dos dados
- Mas não ajudarão como modelo para armazenamento de dados e posterior “tratamento”.
  - Como é que os dados estão armazenados?
  - Como consultar os dados?
  - Como alterar os dados?
- Ajudava mais ver os dados organizados em tabelas ou, usando nomenclatura matemática, em relações.
- Modelo Relacional

Atributos

- Todo o atributo de uma relação tem um nome
- O conjunto de valores que um atributo pode tomar é chamado de domínio do atributo.
- Normalmente, obriga-se a que os valores dos atributos sejam atómicos, ou seja, indivisíveis:
  - E.g. atributos multivalor não são atómicos
  - E.g. atributos compostos não são atómicos
- O valor especial *null* pertence a todos os domínios
- O valor *null* causa complicações na definição de muitas operações
  - Ignoraremos o efeito dos valores nulos em grande parte da apresentação mas consideraremos posteriormente as suas implicações

Esquema de Relação e Instância

- A_1, A_2, …, A_n são *(nomes de) atributos com domínios* D_1, D_2, …., D_n, respectivamente.
  - E.g. customer-*name* = {Jones, Smith, Curry, Lindsay}
    customer-*street* = {Main, North, Park}
    customer-*city* = {Harrison, Rye, Pittsfield}
- $R = (A_1, A_2, \ldots, A_n)$ é um *esquema de relação*
  - E.g. *Customer-schema* = (customer-*name,* customer-*street,* customer-*city*)
- $r(R)$ é uma *relação* no *esquema de relação R*
  - E.g. *customer(Customer-schema) ou vip(Customer-schema)*
- Formalmente, dados os conjuntos D_1, D_2, …., D_n, uma *relação r* é um subconjunto do produto cartesiano

$$D_1 \times D_2 \times \ldots \times D_n$$

  - i.e., uma relação é um conjunto de tuplos $(a_1, a_2, \ldots, a_n)$ em que $a_i \in D_i$
  - E.g. *customer* = {(Jones, Main, Harrison), (Smith, North, Rye), (Curry, North, Rye), (Lindsay, Park, Pittsfield)}

Instância de Relação

- Os valores correntes (*instância da relação*) de uma relação podem ser representados por uma tabela
- Um elemento *t* de *r* é um *tuplo*, representado por uma *linha* da tabela

As relações não estão ordenadas

- A ordem dos tuplos é irrelevante (os tuplos podem ser armazenadas segundo qualquer ordem)
- E.g. relação *account* com os tuplos desordenados

account-number	*branch-name*	*balance*
A-101	Downtown	500
A-215	Mianus	700
A-102	Perryridge	400
A-305	Round Hill	350
A-201	Brighton	900
A-222	Redwood	700
A-217	Brighton	750

Base de Dados Relacional

- Uma base de dados é constituída por diversas relações
- A informação acerca de uma empresa é dividida em partes, em que cada relação armazena uma parte dessa informação

  E.g.: *account* : armazena informação acerca de contas
  depositor : regista os clientes titulares das contas
  customer : guarda informação acerca de clientes

- O armazenamento da informação numa única relação
  bank(*account-number, balance, customer-name*, ..)
  origina
  - repetição de informação (e.g. dois clientes que detêm uma conta)
  - A necessidade de valores nulos (e.g. para representar um cliente que não possui uma conta)
- A teoria da normalização (capítulo mais à frente!) especifica como se devem desenhar/analisar esquemas de relação

A relação *customer*

customer-name	*customer-street*	*customer-city*
Adams	Spring	Pittsfield
Brooks	Senator	Brooklyn
Curry	North	Rye
Glenn	Sand Hill	Woodside
Green	Walnut	Stamford
Hayes	Main	Harrison
Johnson	Alma	Palo Alto
Jones	Main	Harrison
Lindsay	Park	Pittsfield
Smith	North	Rye
Turner	Putnam	Stamford
Williams	Nassau	Princeton

A relação *depositor*

customer-name	*account-number*
Hayes	A-102
Johnson	A-101
Johnson	A-201
Jones	A-217
Lindsay	A-222
Smith	A-215
Turner	A-305

Chaves

- Seja K $\subseteq$ R
- *K* é uma ***super-chave*** de *R* se os valores de *K* são suficientes para identificar um único tuplo de toda a relação *r(R)* possível. Por "relação possível" entende-se uma instância *r* que pode existir na empresa que estamos a modelar.
  Exemplo: {*customer-name, customer-street*} e
  {*customer-name*}
  são ambas super-chaves de *Customer*, se não for possível dois clientes terem o mesmo nome.
  - Por vezes, em vez de *customer-name*, é utilizado um atributo *customer-id* para identificar univocamente os clientes. Omitiremos esse atributo para simplificar os exemplos.

Chaves (cont.)

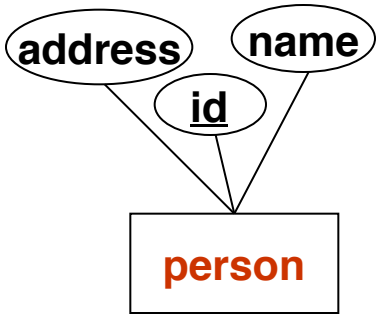
- *K* é uma ***chave candidata*** se *K* é minimal
  Exemplo: {*customer-name*} é uma chave candidata para *Customer*, dado ser uma super-chave (assumindo que dois clientes não podem ter o mesmo nome), e nenhum subconjunto dela ser uma super-chave.
- ***Chave primária***: uma chave candidata que é escolhida com o objectivo de identificar os tuplos numa relação.
  - Devem ser escolhidos atributos cujos valores nunca, ou raramente, variem.
  - Por exemplo, o e-mail é único, mas pode variar.

Derivação de relações (tabelas) a partir de um DER

- Uma base de dados que seja representável por um DER pode ser também representada por intermédio de um conjunto de relações (tabelas).
- A conversão de um DER para um conjunto de relações (tabelas) constitui a base para a derivação do desenho de uma base de dados relacional a partir de um DER
- Para cada conjunto de entidades e para cada conjunto de relações do modelo ER gera-se uma única relação (tabela) com o nome do conjunto de entidades ou conjunto de relações respectivo.

Conjuntos de Entidades como Tabelas

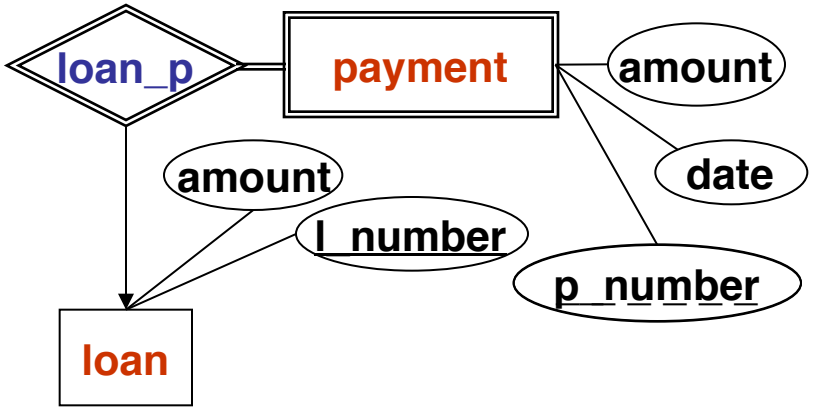
- Um conjunto de entidades forte reduz-se a uma relação (tabela) com os mesmos atributos.
- Por exemplo, o conjunto de entidades person dá origem à relação (tabela) **person(id,name,address)**



id	name	address
13123	Luís Trindade	Paris
43242	Pedro Silva	Coimbra
36645	Joana Sobral	Coimbra
21313	Susana Dias	Lisboa

Conjuntos de Entidades Fracas

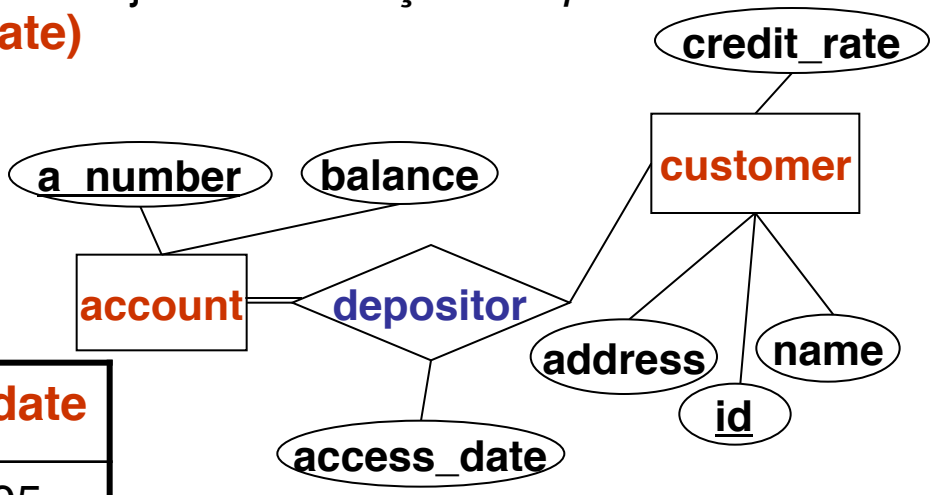
- Um conjunto de entidades fracas é representado por uma relação (tabela) que inclui atributos para a chave primária do conjunto de entidades identificador (ou dominante), juntamente com os atributos para os restantes atributos do conjunto de entidades fracas.
- Por exemplo, o conjunto de entidades fraco payment dá origem à relação (tabela) **payment(p_number,l_number,amount,date)**



p_number	l_number	amount	date
1	L1233	2000	10-10-2005
2	L1234	1000	10-11-2005
2	L1233	1000	10-11-2005
3	L1433	500	22-12-2005

Conjuntos de Relações

- Um conjunto de relações é representado por uma relação (tabela) com atributos para as chaves primárias dos conjuntos de entidades participantes, e com atributos adicionais para os atributos próprios (ou descritivos) do conjunto de relações.
- Por exemplo a relação (tabela) para o conjunto de relações *depositor* é **depositor(a_number,id, access_date)**



a_number	id	access_date
A122	Luís Trindade	12-12-2005
A133	Luís Trindade	14-12-2005
A122	Joana Sobral	13-11-2005
A144	Susana Dias	10-13-2004

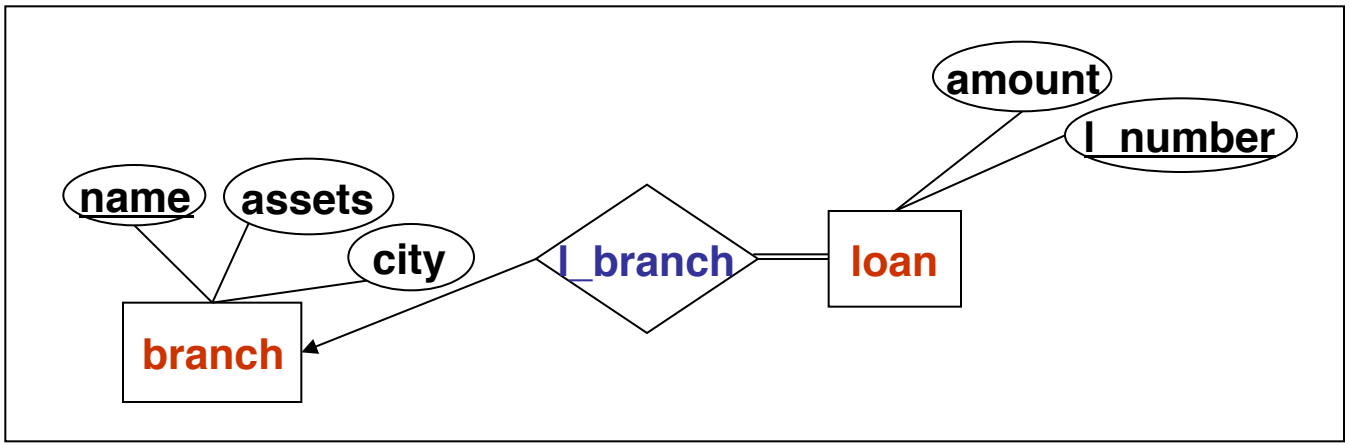
Determinação de Chaves a partir do DER

- **Conjunto de entidades fortes**. A chave primária do conjunto de entidades é a chave primária da relação (tabela).
- **Conjunto de entidades fracas**. A chave primária da relação (tabela) consiste na união da(s) chave(s) primária(s) do(s) conjunto(s) de entidades dominante(s) com o discriminante do conjunto de entidades fracas.
- **Conjunto de relações**. A união das chave primárias dos conjuntos de entidades relacionados é uma super-chave da relação (tabela).
  - Para conjuntos de relações binários um-para-muitos, a chave primária do lado “muitos” é a chave primária da relação (tabela).
  - Para conjuntos de relações um-para-um, a chave primária da relação (tabela) é a chave primária de um dos conjuntos de entidades.
  - Para conjuntos de relações muitos-para-muitos, a união das chaves primárias é a chave primária da relação (tabela).

Tabelas Redundantes

- Conjuntos de relações muitos-para-um e um-para-muitos, totais no lado muitos podem ser representados adicionando atributos extra ao lado muitos contendo a chave primária do outro conjunto participante.
- E.g.: Em vez de se criar uma relação (tabela) para o conjuntos de relações *l-branch*, adicionar um atributo *name* à relação (tabela) derivada a partir do conjunto de entidades *loan*, obtendo

  loan(l_number,amount,name)



Redundância de Tabelas (Cont.)

- Para conjuntos de relações um-para-um, qualquer dos lados pode receber a chave primária do outro lado.
- Se a participação é ***parcial*** no lado muitos, a substituição da relação (tabela) por atributos extra pode levar à ocorrência de **valores nulos**.
- São redundantes as relações (tabelas) correspondentes aos conjuntos de relações entre o conjunto de entidades fracas e os seus conjuntos de entidades dominantes.
  - E.g. A tabela *payment* já contém a informação que apareceria na tabela *loan_p* (i.e., as colunas l_number e *p_number*).

Derivação de Tabelas para a Especialização

- Método 1:
  - Formar uma relação (tabela) para a entidade de maior nível (mais geral)
  - Criar uma relação (tabela) para cada conjunto de entidades de nível abaixo, incluindo a chave primária da entidade acima e os atributos locais.

tabela	atributos
person	id, name, address
customer	id, credit_rating
employee	id, salary

  - Desvantagem: obter a informação acerca de *employee* (por exemplo) obriga à consulta de duas tabelas

Derivação de Tabelas para a Especialização

Método 2:

- Formar uma relação (tabela) para cada conjunto de entidades com os atributos locais e herdados

tabela	atributos
person	id, name, address
customer	id, name, address, credit_rating
employee	id, name, address, salary

- Desvantagem:
  - *name e address* e *city* podem ser duplicados para pessoas que são clientes e/ou empregados

Se a especialização é total e não há relações com *person* , não há necessidade de criar uma relação (tabela) para a entidade mais geral (*person*)

- Desvantagem:
  - *street* e *city* podem ser duplicados para pessoas que são simultaneamente clientes e empregados

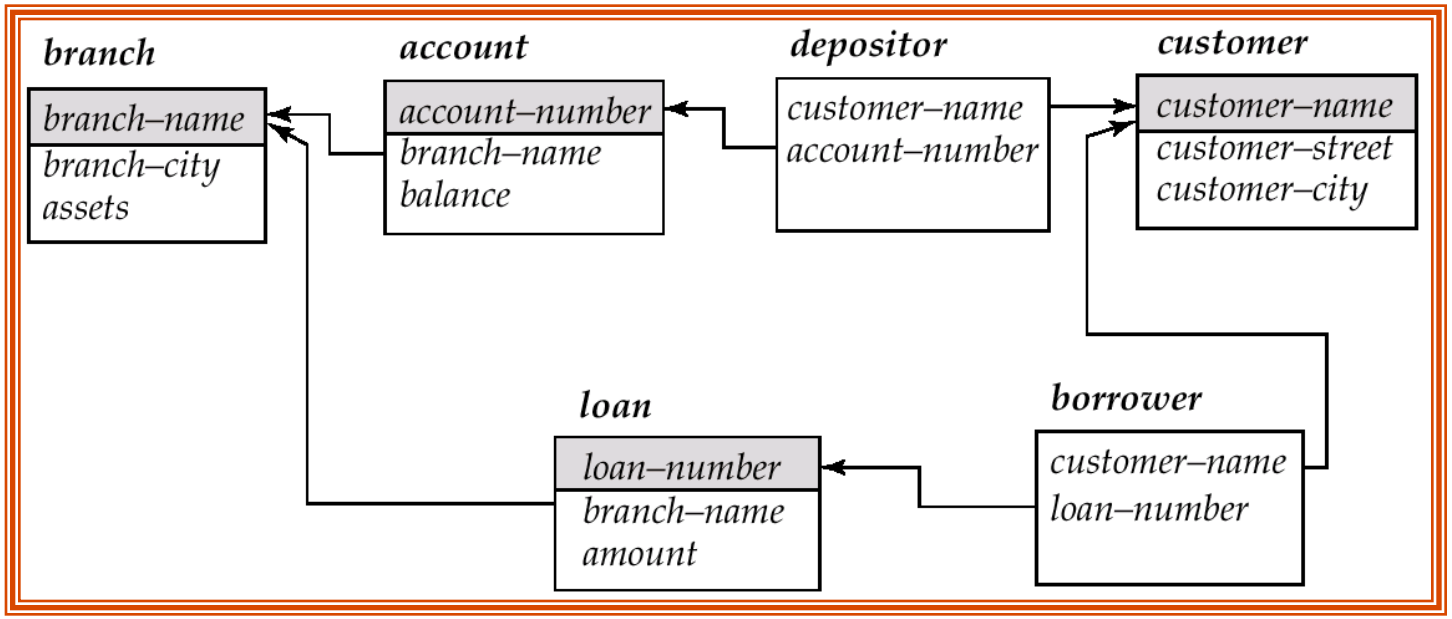
- Método a ser usado quando a especialização é total, disjunta, e não há relações envolvendo o conjunto de entidades mais geral.

Relações Correspondentes à Agregação

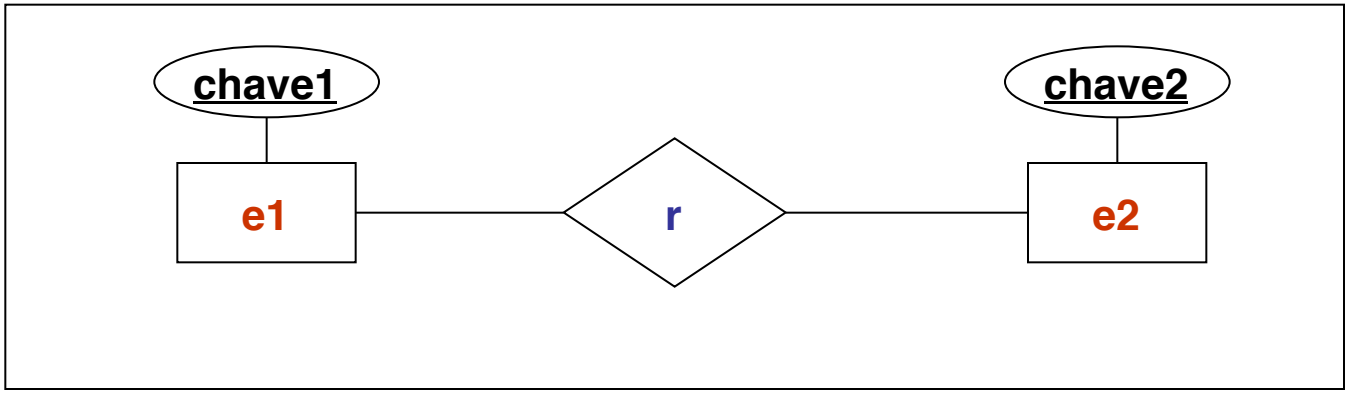
- Tratar o conjunto de relações agregado como se se tratasse de um conjunto de entidades, sendo a sua chave a chave do conjunto de relações.

Chaves Externas

- *Um esquema de relação pode ter um atributo que corresponda à chave primária de outra relação. Tal atributo é designado por* ***chave externa*** *.*
  - Exemplo: *customer-name* e *account_number* da relação *depositor* são chaves externas de *customer* e *account*, respectivamente.
  - Apenas os valores que ocorrem na **relação referenciada** podem ocorrer nos atributos da chave externa da **relação referenciadora**.
- **Diagrama de Esquema**:



Integridade de referência e ER

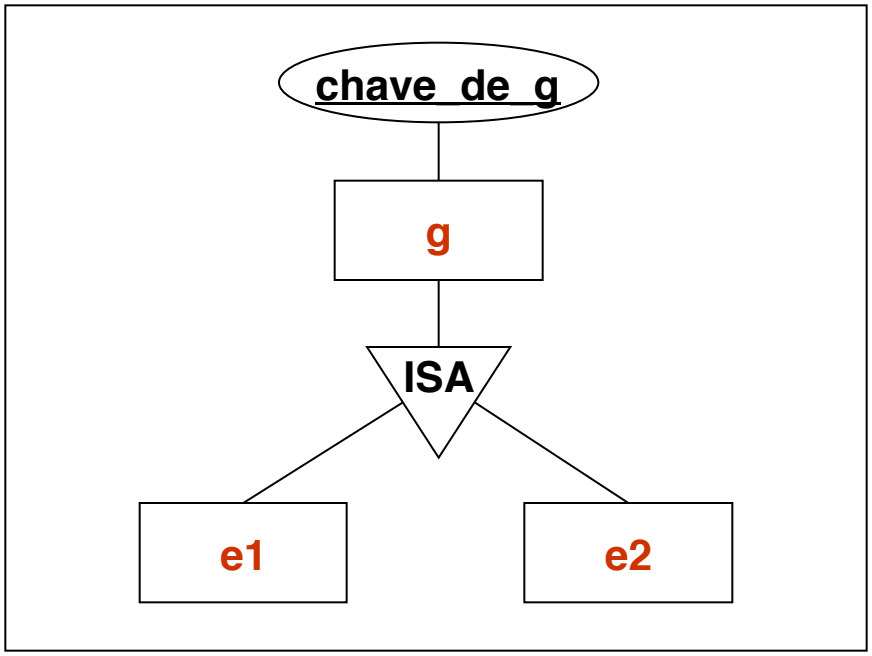


- Independentemente da cardinalidade, para o conjunto de relações r criar a tabela:

  r(chave1, chave2)

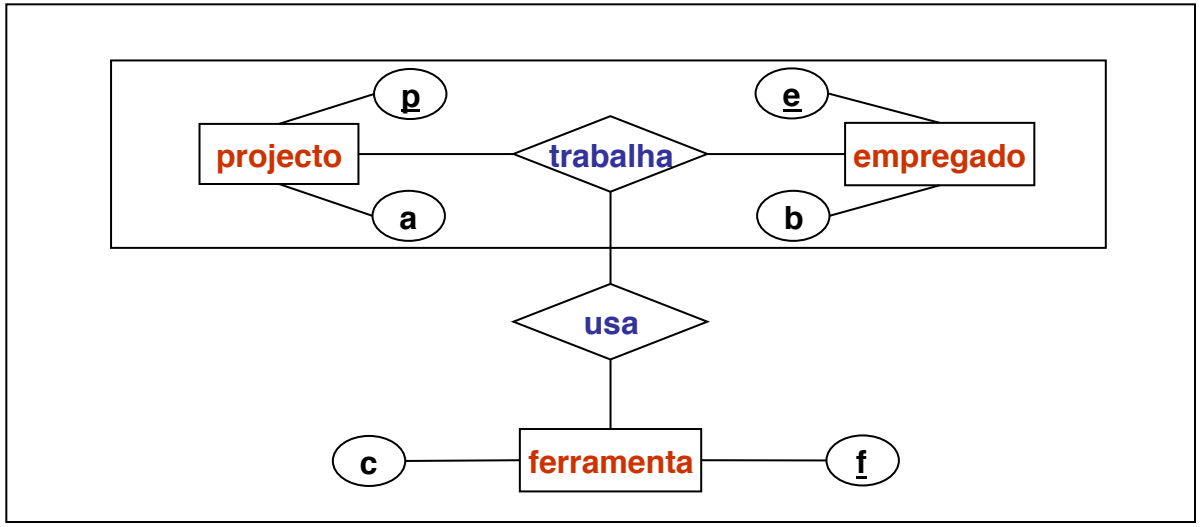
  - chave1 em r é chave externa referindo e1
  - chave2 em r é chave externa referindo e2

Integridade de referência e ER



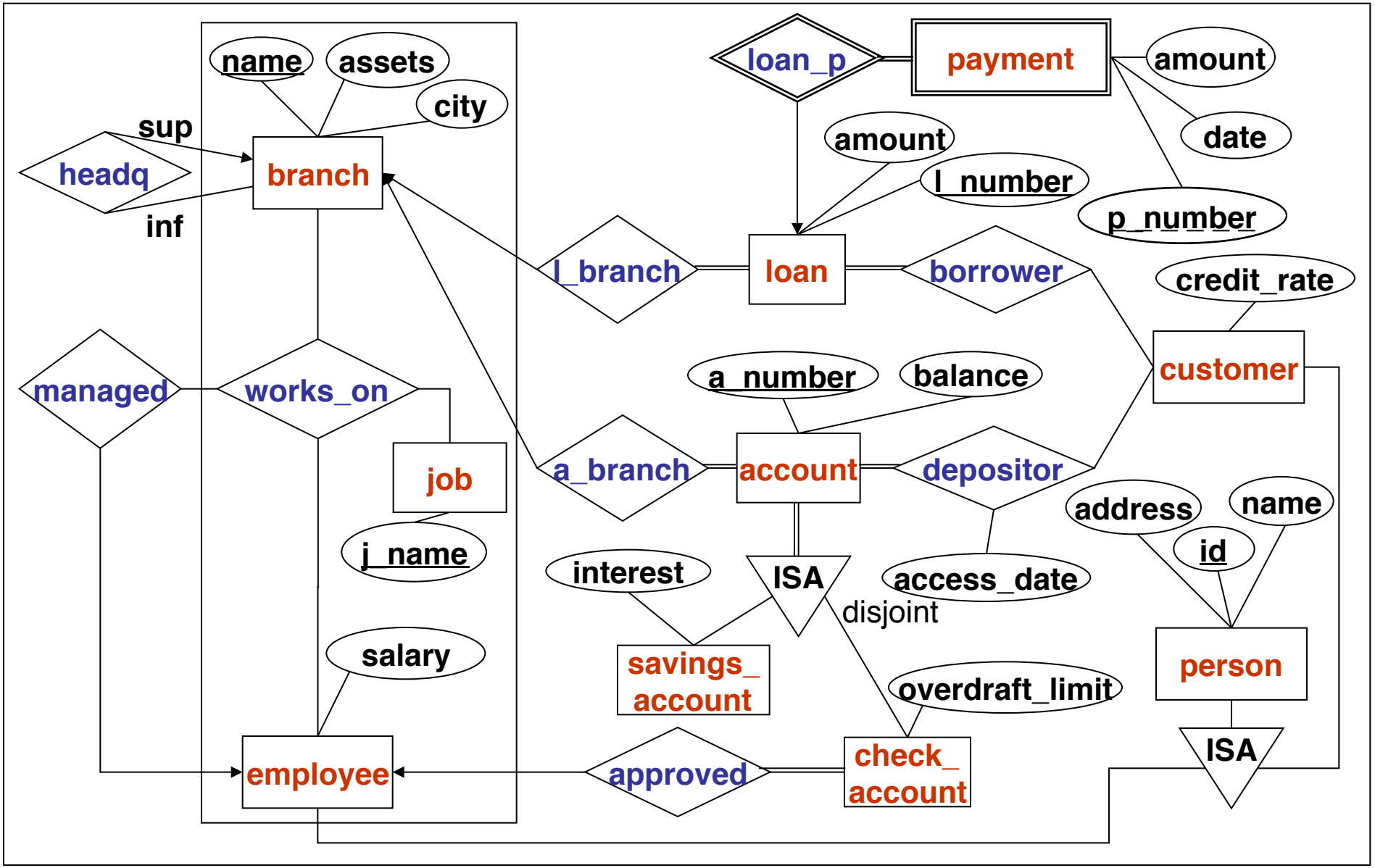
- A relação correspondente ao conjunto de entidades e1 (resp. e2) tem como atributo *chave_de_g*, para além os atributos locais de e1 (resp. e2).
  - chave_de_g é chave primária de e1 (resp. e2)
  - chave_de_g em e1 (resp. e2) é chave externa referindo g
- Nada impõe (ainda) sobre restrições de pertença ou completude!!

Integridade de referência e ER

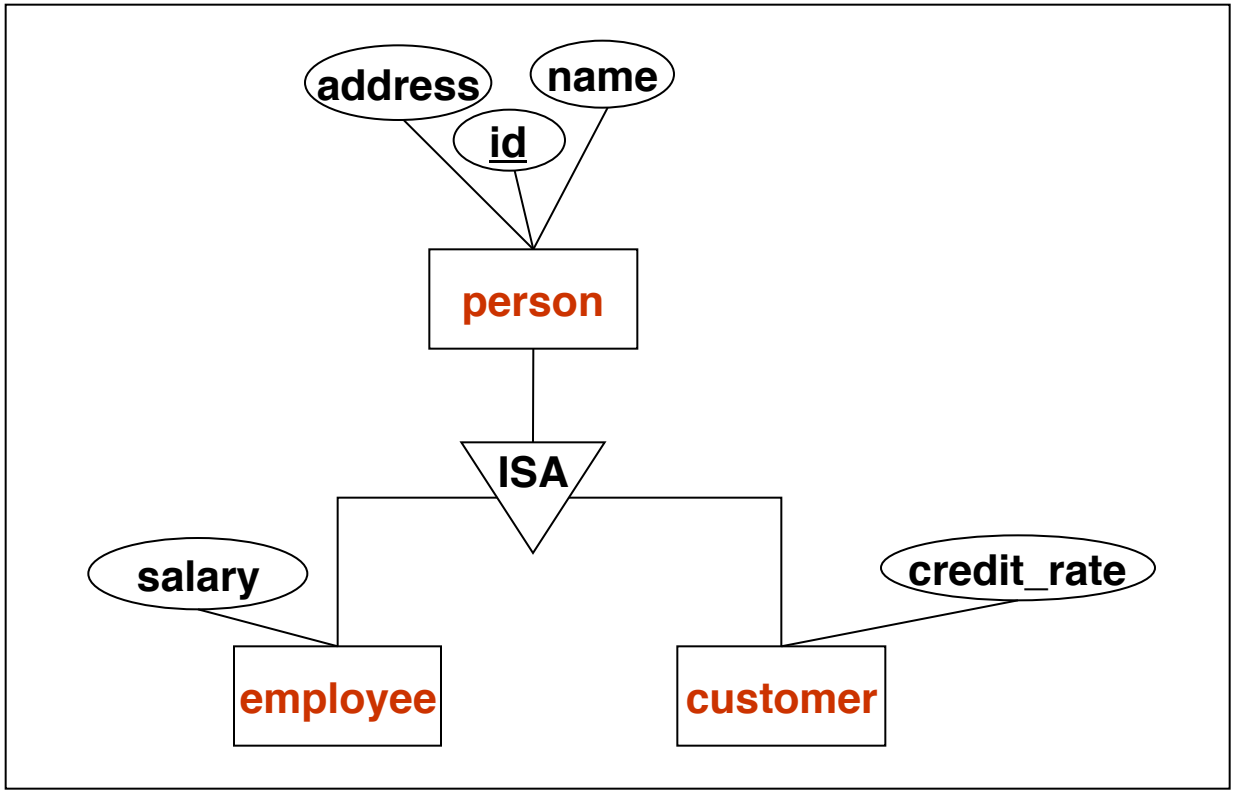


- projecto(**p**,**a**)
- empregado(**e**,**b**)
- ferramenta(**f**,**c**)
- trabalha(**p**,**e**)
  - **p** é chave externa de projecto
  - **e** é chave externa de empregado
- usa(**p**,**e**,**f**)
  - **f** é chave externa de ferramenta
  - (**p**,**e**) é chave externa de trabalha

DER de um Banco

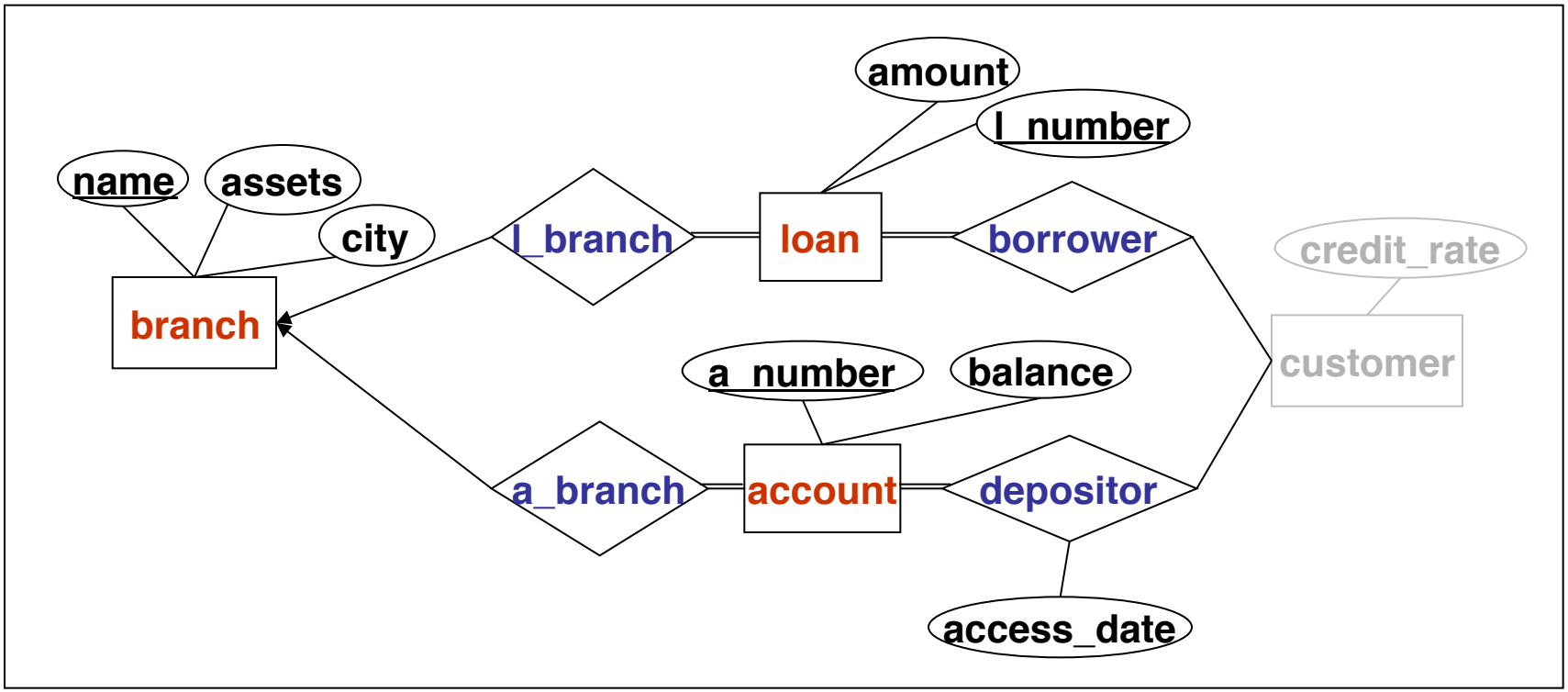


Conversão em Esquemas de Relação do DER de um Banco



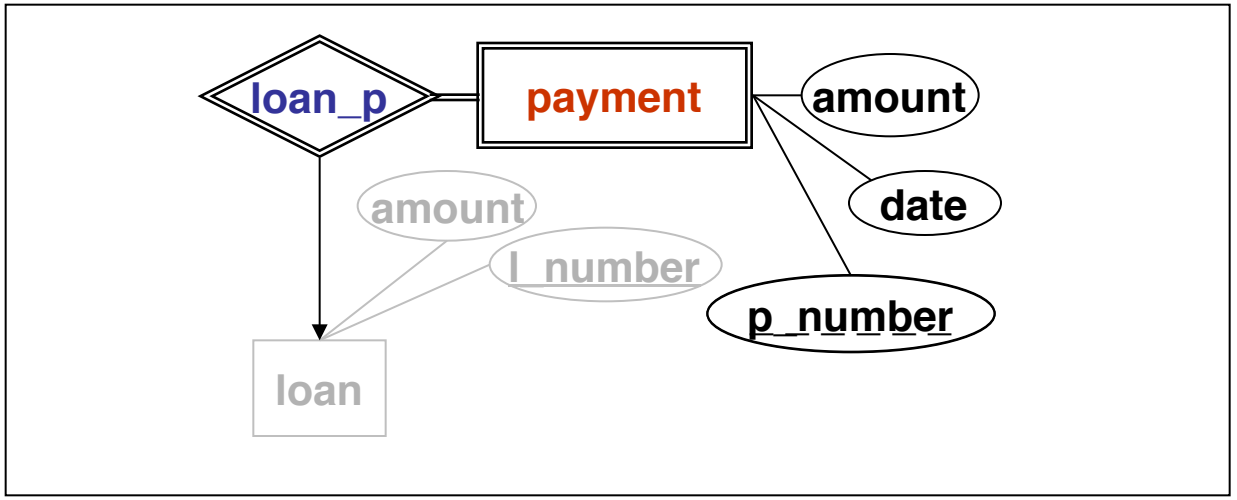
- *person(id,name,address)*
- *customer(id,credit_rate)* id é chave externa de *person*
- *employee(id,salary)* id é chave externa de *person*

Conversão em Esquemas de Relação do DER de um Banco



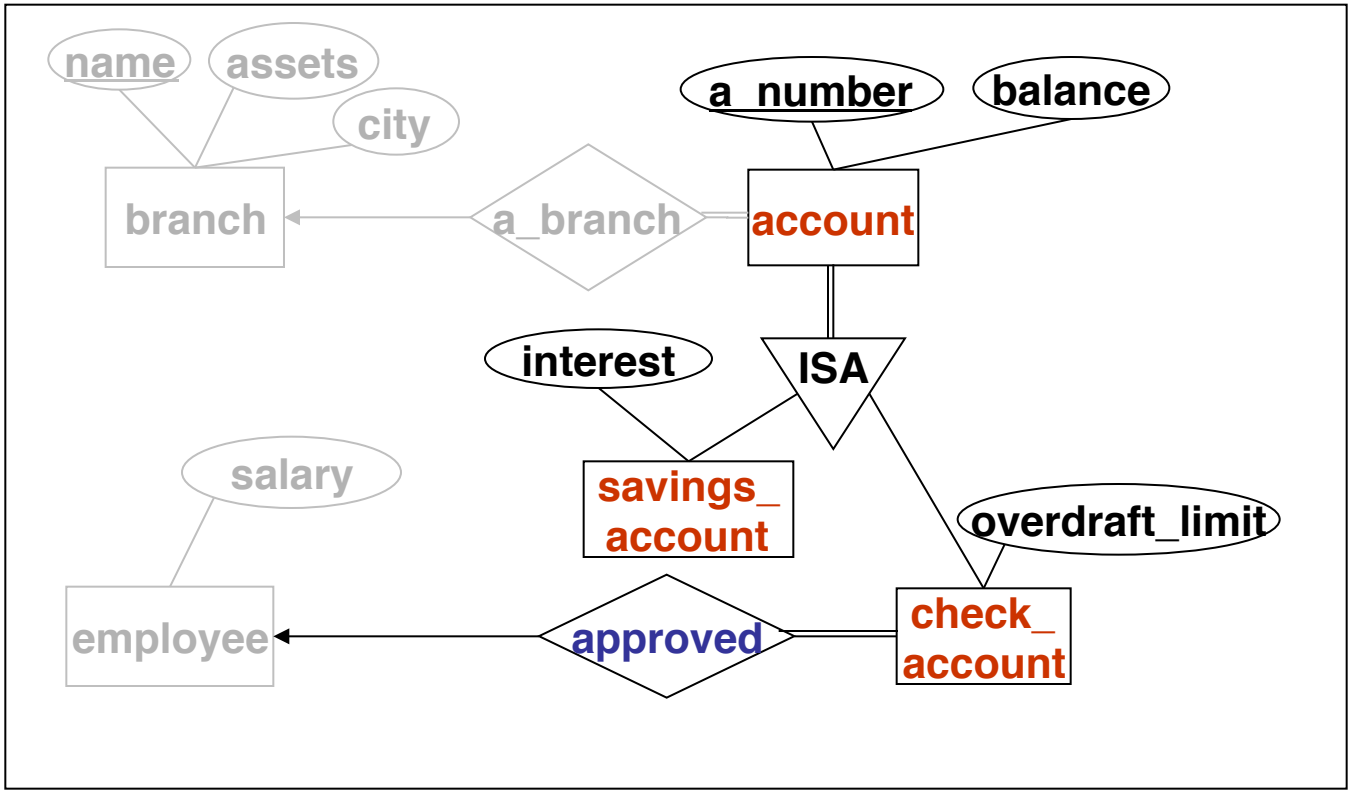
- branch(name,assets,city)
- loan(l_number,amount,name) name é chave externa de branch
- account(a_number,balance,name) name é chave externa de branch
- borrower(l_number,id) id é chave externa de cliente; l_number é chave externa de loan
- depositor(a_number,id, access_date) id é chave externa de cliente; a_number é chave externa de account

Conversão em Esquemas de Relação do DER de um Banco



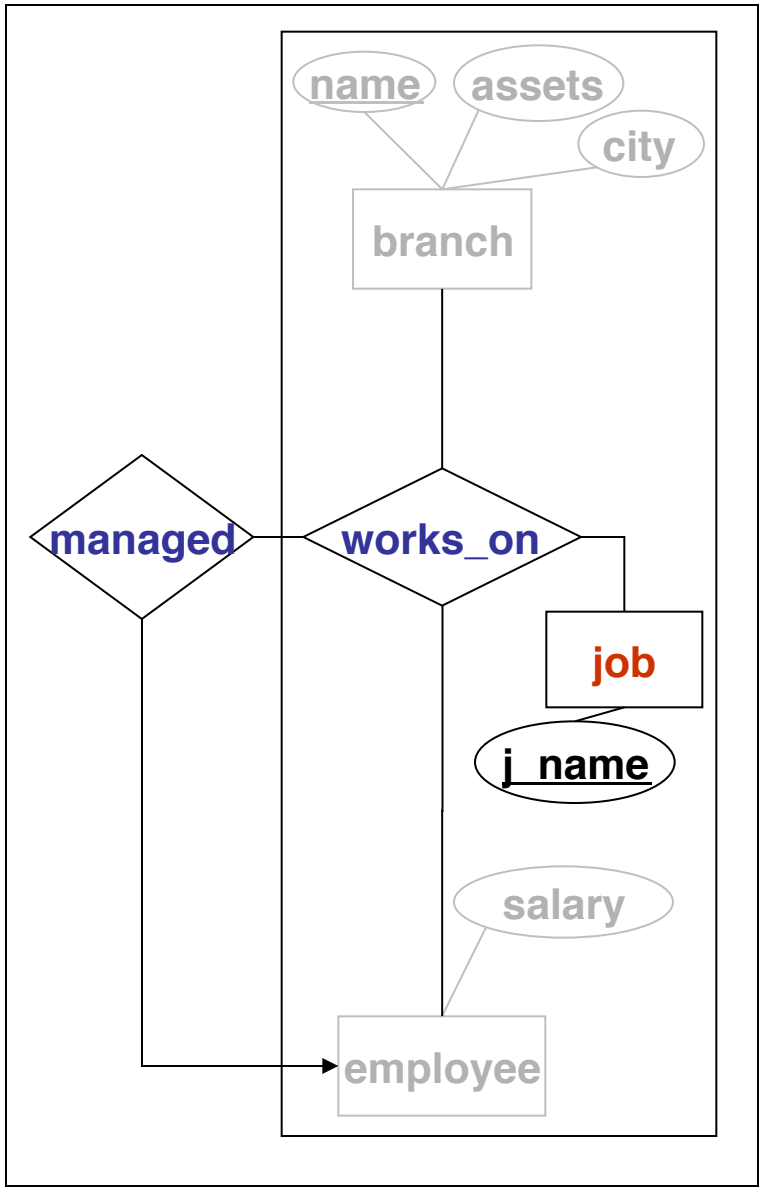
- payment(p_number,l_number,amount,date) l_number é chave externa de loan

Conversão em Esquemas de Relação do DER de um Banco



- account(a_number,balance,name) name é chave externa de branch
- savings_account(a_number,interest) a_number é chave externa de account
- check_account(a_number,overdraft_limit,id) a_number é chave externa de account, id é chave externa de employee

Conversão em Esquemas de Relação do DER de um Banco

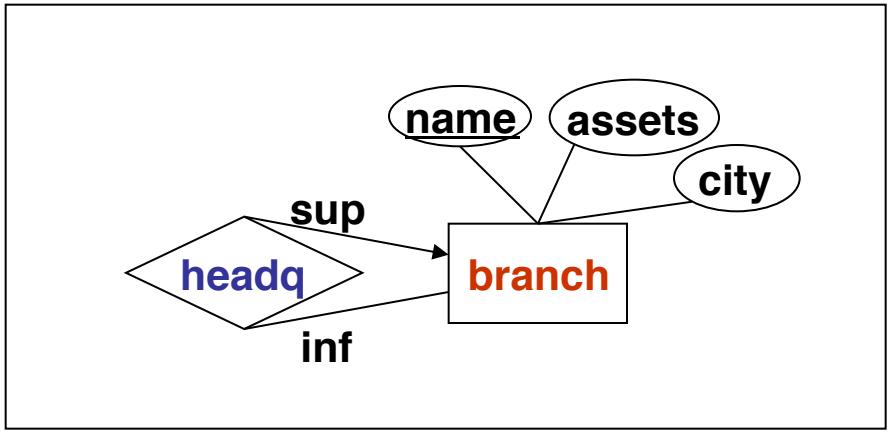


- job(j_name)
- works_on(id,j_name,name) id é chave externa de employee, j_name é chave externa de job, name é chave externa de branch
- managed(id,j_name,name,id.manager) (id,j_name,name) é chave externa de works_on; id.manager é chave externa de employee

ou (ver.2)

- job(j_name)
- works_on(id,j_name,name,manager.id) id é chave externa de employee; j_name é chave externa de job; name é chave externa de branch; id.manager é chave externa de employee

Conversão em Esquemas de Relação do DER de um Banco



- branch(name,assets,city)
- headq(inf.name,sup.name) inf.name é chave externa de branch; sup.name é chave externa de branch

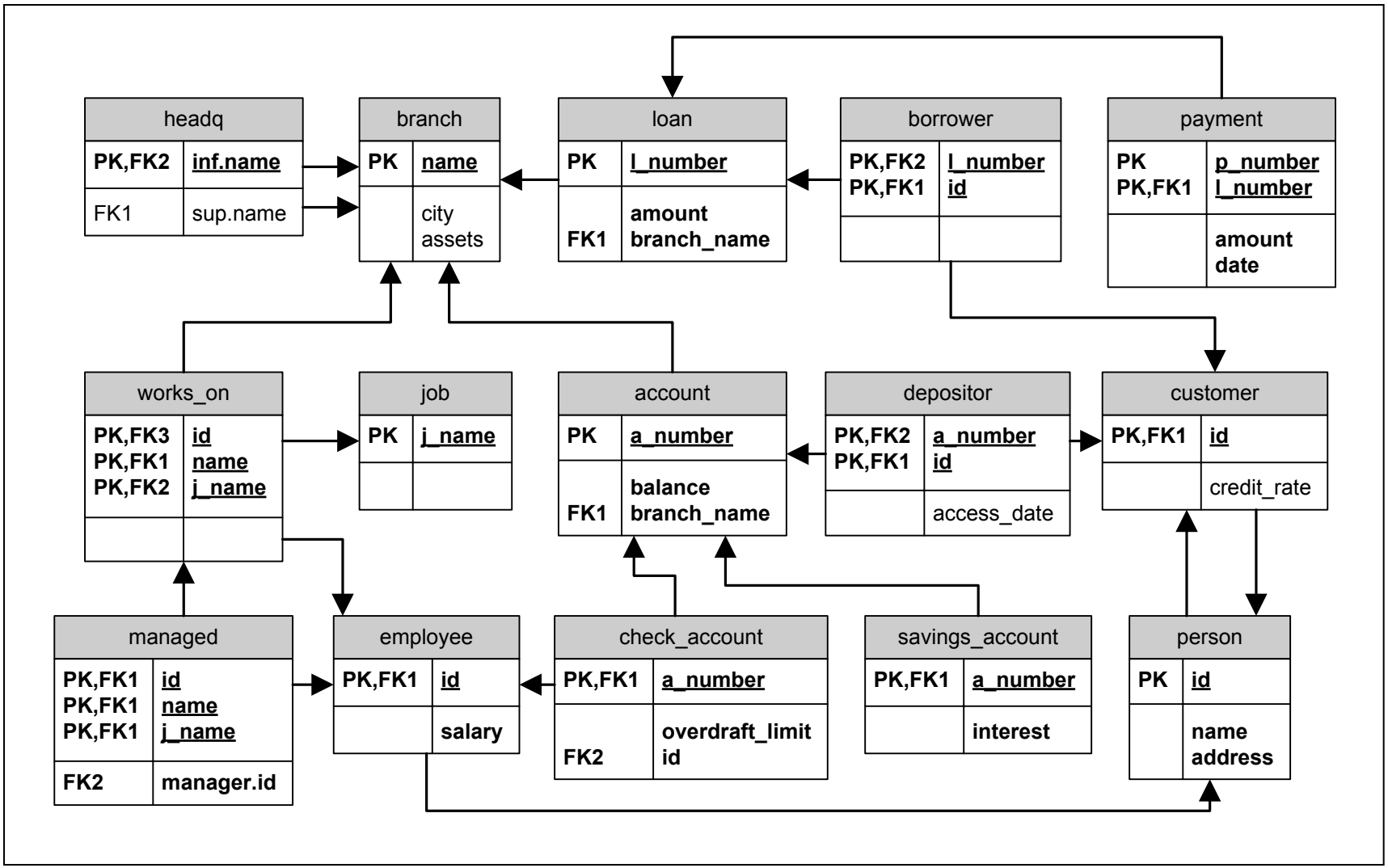
ou (ver.2)

- branch(name,assets,city,sup) sup é chave externa de branch

Conjunto de tabelas

- *person(id,name,address)*
- *customer(id,credit_rate)* id é chave externa de *person*
- *employee(id,salary)* id é chave externa de *person*
- branch(name,assets,city)
- loan(l_number,amount,name) name é chave externa de branch
- account(a_number,balance,name) name é chave externa de branch
- borrower(l_number,id) id é chave externa de cliente; l_number é chave externa de loan
- depositor(a_number,id, access_date) id é chave externa de cliente; a_number é chave externa de account
- payment(p_number,l_number,amount,date) l_number é chave externa de loan
- savings_account(a_number,interest) a_number é chave externa de account
- check_account(a_number,overdraft_limit,id) a_number é chave externa de account, id é chave externa de employee
- job(j_name)
- works_on(id,j_name,name) id é chave externa de employee, j_name é chave externa de job, name é chave externa de branch
- managed(id,j_name,name,id.manager) (id,j_name,name) é chave externa de works_on; id.manager é chave externa de employee
- headq(inf.name,sup.name) inf.name é chave externa de branch; sup.name é chave externa de branch

Esquema da BD de um banco



Conjunto de tabelas (ver.2)

- *person(id,name,address)*
- *customer(id,credit_rate)* id é chave externa de *person*
- *employee(id,salary)* id é chave externa de *person*
- loan(l_number,amount,name) name é chave externa de branch
- account(a_number,balance,name) name é chave externa de branch
- borrower(l_number,id) id é chave externa de cliente; l_number é chave externa de loan
- depositor(a_number,id, access_date) id é chave externa de cliente; a_number é chave externa de account
- payment(p_number,l_number,amount,date) l_number é chave externa de loan
- savings_account(a_number,interest) a_number é chave externa de account
- check_account(a_number,overdraft_limit,id) a_number é chave externa de account, id é chave externa de employee
- job(j_name)
- works_on(id,j_name,name,manager.id) id é chave externa de employee; j_name é chave externa de job; name é chave externa de branch; id.manager é chave externa de employee
- branch(name,assets,city,sup) sup é chave externa de branch

Esquema da BD de um banco (ver.2)